2/88
38. Jahrgang
Februar 1988
S. 25–48

Verlagspostamt
Berlin



VEB VERLAG
FÜR BAUWESEN
BERLIN

Wasserwirtschaft · Wassertechnik



Dokumentation

Stand und Entwicklungstendenzen der weitergehenden Trinkwasseraufbereitung
Böhler, E.; Wricke, B.
In: Wasserwirtschaft-Wassertechnik. – Berlin **38** (1988) 2, S. 26–29
Höhere Anforderungen der Wasserhygiene, neue Verfahren der Wasseranalytik sowie der Zwang zur Nutzung stärker belasteter Rohwässer sind Ausgangspunkte für die Einführung der weitergehenden Trinkwasserreinigung, deren Leistungsfähigkeit weit über die traditionelle Wasseraufbereitung hinausgeht.
Die Verfahren werden in die technologische Kette der Wasseraufbereitung eingeordnet, die Anforderungen an vorhergehende Stufen werden erläutert, auf die unterschiedlichen Technologien zur Aufbereitung verschiedener Rohwässer wird eingegangen.

Entwicklungstendenzen der Trinkwasserdesinfektion unter besonderer Beachtung der UV-Bestrahlung
Kittner, H.
In: Wasserwirtschaft-Wassertechnik. – Berlin **38** (1988) 2, S. 30
Unbestritten ist, daß bei der Chlorung organisch belasteter Rohwässer hygienisch bedenkliche Chlororganika in kritischen Konzentrationen auftreten können. Neben der Bildung gesundheitsschädigender Stoffe sind solche Kriterien wie die Desinfektionssicherheit, die anhaltende Wirkung, die Reaktionszeiten, der Energiebedarf, der stabile Betrieb sowie die entstehenden Kosten bei einem Vergleich verschiedener Verfahren zu beachten. Mit der UV-Bestrahlung steht ein alternatives Verfahren zur Verfügung, das bei kleinen Kapazitäten die vor allem dort vorhandenen Instabilitäten ausgleichen könnte.

Biomonitoring – kontinuierliche Gewässerüberwachung mit dem Fischtestgerät AFT 1
Raschewski, U.; Baborowski, M.
In: Wasserwirtschaft-Wassertechnik. – Berlin **38** (1988) 2, S. 39–41
Vorgestellt wird ein industriell gefertigtes Gerät zur automatischen Erfassung akut fischtorischer Verbindungen im Wasser. Es dient der Früherkennung von Schadstoffhavarien auf der Basis lichtoptischer Erfassung des Schwimmverhaltens von Fischen. Durch elektronischen Vergleich mit vorgegebenen Impulsgrenzen wird eine Warnfallmeldung einschließlich Wasserprobenahme möglich.

Berechnung der Nitrat- und Ammoniumgehalte in einem Flachlandfluß aus Durchfluß und Temperatur
Mohaupt, V.
In: Wasserwirtschaft-Wassertechnik. – Berlin **38** (1988) 2, S. 42–43
Die hauptsächlich an Schwebstoffe gebundenen Phosphorgehalte in einem Flachlandfluß können durch die Entnahme kleinvolumiger Oberflächenproben nur mit zufälligen Fehlern von mindestens 15 % ermittelt werden. Die Entnahme von der Oberfläche führt zur systematischen Unterschätzung der Konzentration an Stellen mit verminderter Fließgeschwindigkeit. Die Durchflußabhängigkeit in den kleineren Nebenflüssen kann mit Hilfe der Addition der Ansätze $C = AQ^{1}$ (Verdünnung von Einleitungen) und $C = BQ$ (Sedimentation – Resuspension) beschrieben werden.

Katodischer Korrosionsschutz an erdverlegten Rohrleitungen – einige Aspekte zu Fehlermöglichkeiten bei der IR-freien Potentialmessung und Beurteilung
Brussig, P.
In: Wasserwirtschaft-Wassertechnik. – Berlin **38** (1988) 2, S. 44–46
Es werden Fehlermöglichkeiten bei der Objekt/Elektrolyt-Potentialmessung aufgezeigt. Die Probleme und der Stadt der IR-freien Potentialmessung unter dem Gesichtspunkt einer besseren Meßwertinterpretation bezogen auf das Korrosionspotential und das katodische Schutzpotential werden diskutiert. Abschließend wird eine Potentialmeßmethode vorgestellt, die auf der Basis von Stromänderungen oder Streustrombeeinflussungen arbeitet.

Redaktionsbeirat:

Содержание

Тенденции и уровень развития подготовки питьевой воды

Повюшенные требования к аналитике и подготовке воды из-за наличия в воде веществ, сомнительных с точки зрения гигиены.

Реализация системы обеспечения качества на VEB WAB Rostock

Использование активного угля для подготовки питьевой воды в НРБ.

Удаление прекурзоров тригалометана с помощью современных методов водоподготовки.

Обработка загрязнений сырой воды на непрорывно работающей водопроводной станции гор. Риги

Биомониторинг – постоянный надзор за водоёмами с испытательным прибором для рыб AFT I

Расчёт содержания нитратов и аммония в реке на основе расхода воды и температуры

Катодная коррозионная защита подземных трубопроводов – некоторые аспекты избегания ошибок при измерении потенциала и оценки

Contents

Present Position and Trends in Advanced Preparation of Drinking Water

Hygienically Questionable Water Components – Higher Demands on Analysis and Preparation

Use of Activated Charcoal for Preparation of Drinking Water in Bulgaria

Modern Methods of Water Preparation for Removal of Trihalomethane Precursors

Treatment of Crude Water Sludge by Continuous-Operation Systems of Riga Waterworks

AFT-1 Fish Testing Unit for Biomonitoring – High-Continuity Water Supervision

Calculation from Flow Rate and Temperature of Nitrate and Ammonium Levels in Lowland River

Cathodic Corrosion Control of Underground Pipelines – Aspects relating to Possible Errors in IR-free Potential Measurement and Evaluation

Water Tank with Crown of Air-Placed Concrete

Contenu

État et tendances de développement de la préparation de l'eau potable

Additions de l'eau critiques du point de vue de la hygiène – exigences concernant l'analyse et la préparation

Utilisation de charbon actif pour la préparation de l'eau potable dans la République Populaire de Bulgarie

L'élimination des précurseurs de trihalométhane à l'aide de méthodes modernes de préparation de l'eau

Le traitement des boues d'eau brute dans les installations de fonctionnement continu de l'usine de distribution d'eau de la ville de Riga

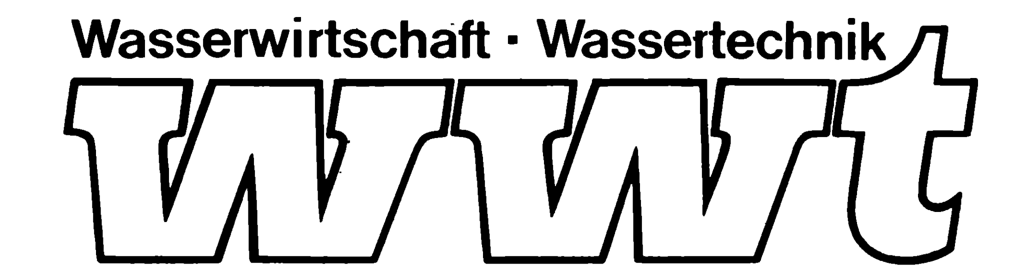
Technologies nouvelles de la préparation de l'eau potable

Biomonitoring – contrôle continu des eaux à l'aide du dispositif AFT 1 pour le test de poisson

Calcul de la concentration de nitrate et d'ammonium dans un fleuve de la plaine sur la base du débit et de la température

Protection cathodique anticorrosive pour la tuyauterie sous terre – quelques aspects concernant les possibilités d'erreurs au mesurage du potentiel sans IR et à l'appréciation





Herausgeber:
Ministerium für Umweltschutz und Wasserwirtschaft und Kammer der Technik (FV Wasser)

Verlag:
VEB Verlag für Bauwesen
Französische Straße 13/14, Berlin 1086
Verlagsdirektor:
Dipl.-Ök. Siegfried Seeliger
Fernsprecher: 2 04 10

Redaktion:
Dipl.-Ing. Ralf Hellmann,
Verantwortlicher Redakteur

Carolyn Sauer,
redaktionelle Mitarbeiterin

Sitz der Redaktion:
Hausvogteiplatz 12, Berlin 1086
Fernsprecher: 2 08 05 80 und 2 07 64 42

Lizenz-Nummer 1138
Presseamt beim Vorsitzenden des Ministerrates der DDR

Satz: Druckerei „Neues Deutschland"
Druck: Druckkombinat Berlin
Gestaltung: Horst Bünger

Artikel-Nummer 29 932
Die Zeitschrift erscheint achtmal im Jahr. Jahresbezugspreis DDR 01760, Ausland DM 60,–. Einzelheftpreis DDR 00220, Ausland DM 7,50.

Printed in G.D.R.

Bestellungen nehmen entgegen:
Заказы на журнал принимаются:
Subscriptions of the journal are to be directed:
Il est possible de s'abonner à la revue:
In der DDR:
sämtliche Postämter und der VEB Verlag für Bauwesen, Berlin
BRD und Berlin (West):
ESKABE Kommissions-Großbuchhandlung, Postfach 36, 8222 Ruhpolding/Obb.;
Helios Literatur-Vertriebs-GmbH, Eichborndamm 141/167, Berlin (West) 52
Kunst und Wissen, Erich Bieber OHG, Postfach 46, 7000 Stuttgart 1;
Gebrüder Petermann, Buch und Zeitung INTERNATIONAL,
Kurfürstendamm 111, Berlin (West) 30
Österreich:
Helios Literatur-Vertriebs-GmbH, & Co. KG,
Industriestr. B 13, 2345 Brunn am Gebirge
Schweiz:
Verlagsauslieferung Wissenschaft der Freihofer AG, Weinbergstr. 109, 8033 Zürich
Im übrigen Ausland:
Der internationale Buch- und Zeitschriftenhandel wird durch den AHB Buchexport der DDR, – 7010 Leipzig,
Leninstr. 16 oder über den Verlag vermittelt.

Alleinige Anzeigenverwaltung: VEB Verlag Technik, Fernruf 2 87 00.
Es gilt die Anzeigenpreisliste lt. Preiskatalog Nr. 286/1.

2 „Wasserwirtschaft – Wassertechnik"
Zeitschrift für Technik und Ökonomik der Wasserwirtschaft
38. Jahrgang (1988) Februar

Aus dem Inhalt

Stand und Entwicklungstendenzen der weitergehenden Trinkwasseraufbereitung
Ernst Böhler; Burkhard Wricke 26

Entwicklungstendenzen der Trinkwasserdesinfektion unter besonderer Beachtung der UV-Bestrahlung
Harry Kittner 30

Zur Durchsetzung des Qualitätssicherungssystems im VEB WAB Rostock
Reinhard Lübker 31

Zur Nutzung von Aktivkohle zur Trinkwasseraufbereitung in der VR Bulgarien
Tenju Pejcev 33

Die Entfernung von Trihalomethan-Präkursoren mit Hilfe moderner Wasseraufbereitungsmethoden
Slawomir Bilozor 35

Die Behandlung von Rohwasserschlämmen in kontinuierlich arbeitenden Anlagen des Wasserwerkes der Stadt Riga
Albert Janowitsch Ausinsch 37

Biomonitoring – kontinuierliche Gewässerüberwachung mit dem Fischtestgerät AFT 1
Uwe Raschewski; Martina Baborowski 39

Berechnung der Nitrat- und Ammoniumgehalte in einem Flachlandfluß aus Durchfluß und Temperatur
Volker Mohaupt 42

Katodischer Korrosionsschutz an erdverlegten Rohrleitungen – Einige Aspekte zu Fehlermöglichkeiten bei der IR-freien Potentialmessung und Beurteilung
Peter Brussig 44

Wasserbehälter mit Kuppel aus Spritzbeton
Rudolf Randolf; Wolfgang Lange 47

Zum Titel

Die Trinkwasseraufbereitungsanlage Wienrode/Harz ist Objekt der Fernwasserversorgung Elbaue/Ostharz. Sie versorgt Teile des Bezirks Halle einschließlich der Bezirksstadt mit qualitätsgerechtem Trinkwasser.
Foto: Klug

Stand und Entwicklungstendenzen der weitergehenden Trinkwasseraufbereitung

Gekürzte Fassung eines Referats, gehalten auf der KDT-Tagung „Neue Technologien der Trinkwasseraufbereitung", 2.–3. 12. 1987 Frankfurt/Oder

Dr.-Ing. Ernst BÖHLER, KDT; Dr.-Ing. Burkhard WRICKE, KDT
Beitrag aus dem VEB Projektierung Wasserwirtschaft Halle, Betriebsteil Forschungszentrum Wassertechnik Dresden

Mit den klassischen Verfahren der Wasseraufbereitung, wie Gasaustausch, Flockung, Fällung, Sedimentation, Filtration, werden Kohlendioxid, Schwefelwasserstoff, Eisen und Mangan aus Grundwässern und Trübstoffe, Algen und Bakterien aus wenig belastetem Oberflächenwasser, wie z. B. Talsperrenwasser, entfernt. Die Verfahren der weitergehenden Trinkwasseraufbereitung haben darüber hinaus die organische Grundbelastung, die Konzentration an schädlichen organischen Spurenstoffen, wie z. B. chlorierte Kohlenwasserstoffe und Pestizide sowie die organoleptischen Kriterien, wie Geruch und Geschmack und anorganische Salze (z. B. Nitrat) bis auf die zulässigen Werte zu reduzieren. Anlaß für die Einführung der Verfahren der weitergehenden Trinkwasseraufbereitung sind die in den letzten Jahren gewonnenen Erkenntnisse auf dem Gebiet der Wasserhygiene, die sich enorm erweiternden Möglichkeiten der Wasseranalytik zum Nachweis von Spurenstoffen sowie der Zwang zur Nutzung auch stärker belasteter Rohwasserressourcen in Ländern mit angespanntem Wasserhaushalt, so auch in der DDR.

1. Einordnung der Verfahren

Die wesentlichen Verfahren der weitergehenden Trinkwasseraufbereitung sind die Adsorption an gekörnte oder pulverförmige Aktivkohle sowie Adsorberharze, der Einsatz starker Oxidationsmittel wie Ozon und die Intensivbelüftung zum Austreiben flüchtiger organischer Stoffe. Eine Sonderstellung nimmt die Grundwasseranreicherung ein. Dabei wird der GW-Leiter als Langzeitreaktor genutzt, in dem bei entsprechend langen Reaktionszeiten auch biologisch schwer abbaubare Stoffe weitgehend eliminiert werden können.
Im Regelfall werden die Verfahren der weitergehenden Trinkwasseraufbereitung am Ende der technologischen Kette eingeordnet, um sie nicht mit Aufbereitungsaufgaben zu belasten, die mit weniger Aufwand durch klassische Verfahren erbracht werden können. Am Anfang der Technologie stehen dagegen anaerobe biologische Verfahren zur Nitrateliminierung (heterotrophe Denitrifikation in Reaktoren und bei der Uferfiltration; autotrophe Denitrifikation).
Das Zusammenwirken von Grobaufbereitung, Grundwasseranreicherung, weitergehender TW-Aufbereitung mit A-Kohlefiltern bei der Qualitätsverbesserung eines Flußwassers zeigt Bild 1.
Die Wirkung der Vorreinigung (Flockung – Sedimentation – Filtration) ist beachtlich, auch bei der Eliminierung der organischen Grundlast. Sie ist aber nahezu wirkungslos zur Eliminierung von organischen Spurenstoffen und schwer abbaubaren Stoffen sowie von NO_2^- und NH_4^+ Besonders leistungsfähig

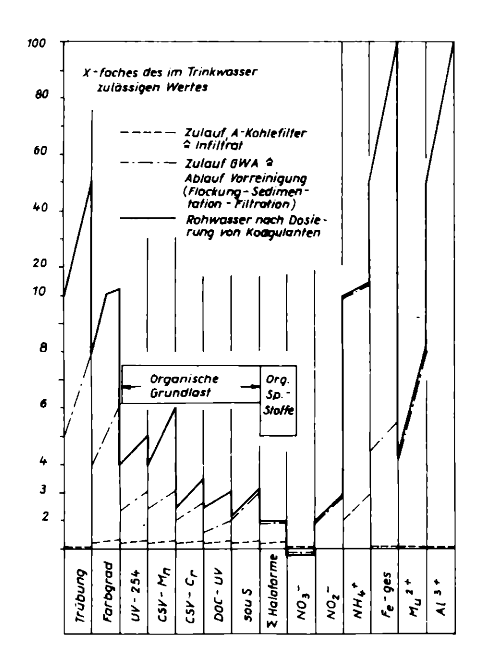


Bild 1 Leistungsfähigkeit einer Flußwasseraufbereitungsanlage mit Vorreinigung – GWA (3 Tage Fließzeit) – A-Kohlefilter (Orientierungswerte)

ist die komplex wirkende GWA bereits bei einer Aufenthaltszeit im GW-Leiter von 3 Tagen. Das betrifft trübende Stoffe, Bakterien, organische Grundlast, aber auch schwer abbaubare organische Stoffe, Haloforme, NO_2^- und NH_4^+ Die Abbaueffekte bei organischen Stoffen liegen bei 25 bis 70 %. Die abschließende A-Kohlefilterstufe reduziert im Dauerbetrieb die organische Grundlast und Spurenstoffe um 20...30 %. Die zugrunde gelegten Eliminierungseffekte basieren auf Literaturauswertungen und eigenen Untersuchungen in einer Reihe von Großwasserwerken der DDR (z. B. Dresden-Hosterwitz, Halle-Beesen, Rostock).

2. Anforderungen an vorhergehende Stufen

Die meisten Verfahren der weitergehenden TW-Aufbereitung (z. B. A-Kohlefilter, Ionenaustauscher) werden bei starker Trübung und erhöhten Konzentrationen von Al^{3+}, Mn^{2+} Fe^{2+} in ihrer Wirkungsweise durch Umhüllung mit Metalloxidhydratbelägen geschädigt. Metalloxidhydratausfällungen in der Sandschicht führen bei der GWA zum Rückgang der Sikkerleistung. Deshalb ist auf den einwandfreien Betrieb von Grobaufbereitungsanlagen und Schnellfilteranlagen zu achten.
Die Grobaufbereitung von Oberflächenwasser muß auch in den Wintermonaten funktionieren. Das erfordert die Dosierung von Flockulanten (zusätzlich zu den Metallsalzen). In der Praxis hat sich – trotz der etwas komplizierten Handhabung – der Einsatz von aktivierter Kieselsäure bewährt. Ein Vergleichsversuch mit MAGNAFLOC LT 20, einem Polyacrylamid der britischen Firma Allied Colloids, brachte ähnliche Ergebnisse. Bei aktivierter Kieselsäure ist besonders auf kurze Rohrleitungen zwischen Aktivierungsbehälter und Zugabestelle zu achten.

3. Technologien zur Aufbereitung verschiedener Rohwässer

Im folgenden werden Hinweise auf die Einordnung der Verfahren der weitergehenden Trinkwasseraufbereitung bei verschiedenen Rohwasserressourcen gegeben.

3.1. Grundwässer

Die TW-Versorgung der DDR basiert zu rund 80 % auf Grundwasser. Im Regelfall treten Fe^{2+}, Mn^{2+}, CO_2 und H_2S als störende Stoffe auf. Diese werden mit den bekannten Hochleistungsverfahren (Rohrgitterkaskaden, Flokkungs- und Röhrenabsetzbecken; Schnellfilter) entfernt.
Sonderfälle sind Nitrate (siehe hierzu 3.4.) und lokale, mit Erdölprodukten, chlorierten Kohlenwasserstoffen oder Pestiziden kontaminierte Grundwässer. Dabei spielt die organische Grundlast (DOC usw.) keine wesentliche Rolle.
International werden zur Entfernung flüchtiger chlorierter Kohlenwasserstoffe Intensivbelüftungstechniken, wie Wellbahn- und Füllkörperkolonnen sowie Vakuumentgaser eingesetzt /18, 19, 20, 21/.
Bei Fe-haltigen Wässern treten Inkrustationen an den Einbauten ein, so daß Enteisenungsstufen vorzuschalten sind. Die Intensivbelüftungsanlagen sind dann auch zur physikalischen Entsäuerung einsetzbar.
Die restliche Entfernung von leichtflüchtigen CKW und die Entfernung schwerflüchtiger CKW erfolgt durch A-Kohlefilter oder die Kombination von Ozon/A-Kohlefilter /7, 9/. Wenn die A-Kohlefilterstufe vorrangig CKW eliminieren soll, ist die weitestgehende, vorherige Entfernung der organischen Grundlast durch andere Stufen erforderlich. Für die Entfernung der Huminsäuren hat sich der Einsatz von Adsorberharzen bewährt /23/. Ähnlich gute Ergebnisse wurden bei der Aufbereitung von Warnow-Wasser in kleintechnischen Versuchen mit Wofatit ES erreicht /10/.
Ein generell anderer Weg ist die In-situ-Reinigung der kontaminierten Wässer direkt im GW-Leiter durch aeroben Abbau mittels Mikroben /4/, die bisher vorrangig zum Abbau von Erdölprodukten (Diesel) eingesetzt wurden. Die Bakterienstämme werden aus dem kontaminierten GW-Leiter isoliert und vermehrt. Für die In-situ-Reinigung sind noch

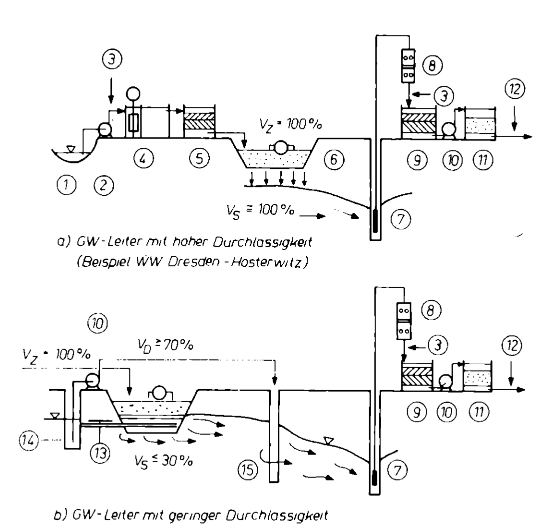


Bild 2 Einordnung der GWA mit Sandbecken und KUROF-Gerät in die Aufbereitungstechnologie
1 – Rohwasser (Fluß), 2 – Rohwasserförderung, 3 – Flockungsmitteldosierung, 4 – Flockungs- und Absetzbecken, 5 – Mehrschichtfilter, 6 – Sandbecken mit KUROF-Gerät, 7 – Fassungsbrunnen, 8 – Offene Belüftung, 9 – Mehrschichtfilter, 10 – Zwischenförderung, 11 – A-Kohlefilter, 12 – Desinfektion, 13 – Dränageleitung, 14 – Dränagewasser-Sammelschacht, 15 – Schluckbrunnen
V_Z = Zulauf von GWA; V_S = Sickeranteil; V_D = Dränagewasseranteil

klassische Aufbereitung (1976)	Aufbereitungsstufe	Neue Aufbereitung (ab 1981)
10...60 g Chlor/m³	Voroxydation	1,0...1,5 g Ozon/m³
2... 4 g Al^{3+}/m³	Flockung	2...4 g Al^{3+}/m³
5...15 g $Ca(OH)_2$/m³		
0,1 kW/m³	Mischenergie	2,5 kW/m³
0,5 min	Verweilzeit	0,5 min
1,5 h	Sedimentation	1,5 h
–	Hauptoxydation	2 g Ozon/m³
–	Verweilzeit	5 min
10,7 m/h	Schnellfiltration	10,7 m/h
22 m/h	A-Kohlefilter	22 m/h
2 m	Schichthöhe	4 m
12...50 h	Bodenpassage	12...50 h
0,4...0,8 g Cl_2/m³	Desinfektion	0,1...0,2 g Cl_2/m³

Stufe	Klassisches Verfahren			Neues Verfahren (Mühlheimer Verfahren)		
	$DOCl_2$ g/m³	TOCl mg/m³	NH_4 g/m³	DOC g/m³	TOCl mg/m³	NH_4 g/m³
Rohwasser	4,0	50	1,63	3,8	46	0,9
nach Flockg.	3,6	–	0,05	3,3	–	0,82
nach Filtration	3,2	203	0,0	2,8	31	0,22
nach A-Kohle	3,0	151	0,0	2,0	23	0,05
nach GWA	1,8	92	0,0	1,3	19	0,0

Bild 3 Betriebsdaten der klassischen und der neuen Aufbereitung im Wasserwerk Mühlheim-Dohne /24/

umfangreiche Forschungsarbeiten erforderlich, um wissenschaftlich fundierte Lösungen und Methoden zu entwickeln.
Im Rahmen der Grundlagenforschung wird der Eintrag von Reagentien (Gase, Flüssigkeiten, Suspensionen) in den GW-Leiter als notwendiger erster Schritt der Wasserbehandlung im GW-Leiter untersucht. Darüber wurde bereits auf dem UNESCO-Symposium „Grundwasser" im März 1987 in Dresden berichtet /6/. Die Forschungsarbeiten sind gerichtet auf die Sanierung überlasteter Uferfiltratfassungen, die Nutzung des GW-Leiters zur Eliminierung organischer Stoffe und von Stickstoffverbindungen sowie zur Nachbehandlung des Ablaufs mikrobieller Denitrifikationsanlagen.

3.2. Schwach belastete Oberflächenwässer einschließlich Talsperrenwässer

Bei Bachwässern treten häufig erhöhte Trübung (Lehm- und Tonpartikel) und bei Talsperrenwässern zeitweise erhöhte Planktonwerte, gekoppelt mit Geruchs- und Geschmacksbeeinträchtigungen, auf.
Für die Aufbereitung der Talsperrenwässer aus den Mittelgebirgen der DDR wurden erfolgreich Ein- und Mehrschichtfilter mit zeitweiser Dosierung von Al-Sulfat und pulverförmiger Aktivkohle eingesetzt. Eine spezielle Variante stellt die Dosierung von Friedländer Tonmehl und Stipix AD in liegenden, geschlossenen Mehrschichtfiltern im WW Schönbrunn dar /22/, wodurch die Entmanganung gleichzeitig verbessert wurde.

3.3. Stärker belastete Oberflächenwässer

In den Ballungsgebieten der DDR (z. B. Berlin, Dresden, Halle, Rostock) werden neben der Heranführung von Grund- und Talsperrenwasser über größere Entfernungen zum Teil stärker belastete Oberflächenwässer als Rohwasserressource genutzt.
Bei derartigen Rohwasserressourcen liegen die organische Grundlast (CSV-Cr, CSV-Mn, UV-254, DOC), organische Spurenstoffe (CKW), die organoleptischen Kriterien (Farbgrad, Geruch, Geschmack) sowie mitunter auch Ammonium über den zulässigen Werten im Trinkwasser. Unter Umständen müssen auch toxische Schwermetalle im Spurenbereich reduziert werden.
Bis Mitte der 70er Jahre wurde vorrangig auf vielstufige, physiko-chemische Technologien orientiert. Danach wurde speziell in der BRD eine neue Generation von Flußwasserwerken eingesetzt, die durch mehrstufige Technologien, mehrfache Ozondosierung, Kopplung mit biologisch wirkenden Stufen und im Regelfall in der Einbeziehung des GW-Leiters charakterisiert sind. Durch die Kombination Ozon – Biologische Stufe – Aktivkohlefilter konnten die Regenerierintervalle der A-Kohlefilter auf das 4- bis 6fache verlängert werden. Als Beispiel für eine derartige Technologie soll das WW Mühlheim-Dohne genannt werden (Bild 3). Bei der ursprünglichen Technologie wird die Bildung von Haloformen durch die Verchlorung deutlich /24/.
Voraussetzung für die Nutzung der großen Flüsse als Rohwasserressource zur Trinkwasserversorgung auch in der Zukunft ist die Senkung der organischen Grundlast durch den weiteren Ausbau biologischer Kläranlagen in Kommunen und Industrie und die Rückhaltung von organischen Spurenstoffen (z. B. Lösungsmittel) und Schwermetallen bereits am Anfallort. Diese Recycling-Technologien dienen dem Umweltschutz und der Wertstoffrückgewinnung. Beispiele für die zielgerichtete Umweltschutzpolitik in der DDR sind auch die Einführung der 3. Reinigungsstufe in den Berliner Kläranlagen und das angelaufene Sanierungsprogramm im Oberen Elbtal.
Die Forschung in der DDR konzentrierte sich in den letzten Jahren bei den Verfahren der weitergehenden TW-Aufbereitung auf die Grundwasseranreicherung und die A-Kohle-Technologie.
Die Nutzung von GWA-Anlagen und Langsamfiltern steht und fällt mit der Beherrschung der periodisch erforderlichen Reinigung der kolmatierten Sandoberfläche. Mit der Entwicklung der Filtersandreinigungsgeräte Typ KUROF ist mit geringem Aufwand eine Reinigung sogar in Abständen von 2 bis 3 Tagen und noch kürzer beherrschbar /12/. Im Gegensatz zur üblichen Reinigung mit mobiler Technik oder dem Vorläufergerät Typ FI-REG erfolgt bei dem neuen Gerät keine Unterbrechung des Betriebes während der Reinigungsphase. Durch die kurze Taktfolge wird die biologische Aktivität gesteigert, da nur kurzlebige und leistungsfähige Organismen optimale Lebensbedingungen finden. Beispiele für die Einordnung der GWA mit Sandbecken und Langsamfilter mit KUROF-Geräten in die Aufbereitungstechnologie zeigt Bild 2.
Der Einfluß der Fließzeit bei einer täglichen Infiltrationsleistung von 8...14 m³/m² auf den Eliminierungseffekt ist in Bild 4 dargestellt /3, 11/. Im regenerierbaren Teil der Sandschicht (0,4 m) der GWA-Anlage werden Bakterien bereits zu über 99,9% zurückgehalten. Um 80% werden auch trübende Stoffe und Eisen entfernt, um 30...60% Mangan, Ammonium, Nitrit und auch Chloroform und Pestizide eliminiert. Die regenerierbare Sandschicht weist die geringsten Eliminierungseffekte (20...40%) bei der organischen Grundlast (Färbung, CSV, DOC, UV-254) auf. Tetrachlormethan wird bei der gesamten GWA nur in sehr geringem Maße abgebaut (0...20%). Bei allen anderen Stoffen erhöht sich der Abbau deutlich mit steigender Fließzeit. Unter den aeroben Bedingungen der GWA im WW Hosterwitz tritt ein Anstieg der Nitratkonzentration durch die Oxydation des NH_4^+ ein. Der zulässige Wert von 40 mg NO_3^-/1 wird nicht erreicht.
Bei GWA-Anlagen sind durch Wahl der entsprechenden Vorreinigung aerobe Bedingungen im GW-Leiter bis zur Fassungsanlage zu sichern. Wie mehrfach bei der Uferfiltration festgestellt wurde, ist andernfalls mit einer Rücklösung von Eisen und Mangan zu rechnen. Die standortbegrenzten Aufenthaltszeiten im GW-Leiter sind weitgehend auszunut-

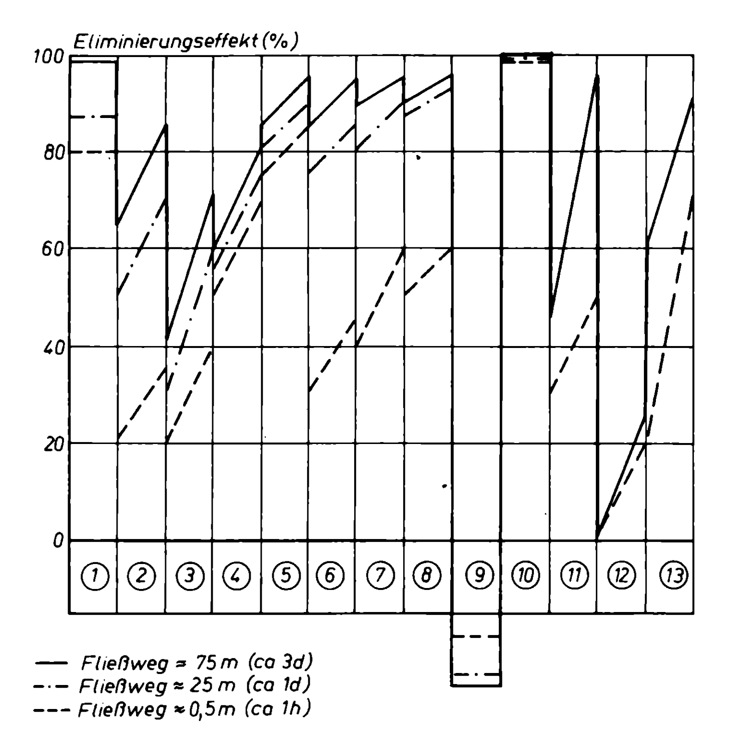


Bild 4 Abbauleistungen bei der GWA mit Sandbecken in Abhängigkeit von der Fließstrecke in Hosterwitz (V_0 = 8...14 m/d)
1 – Trübung, 2 – Färbung, 3 – Organische Grundlast, 4 – schwer abbaubare organische Stoffe (souS) (CSV-Mn, -Cr, DOC, UV-254), 5 – Eisen, 6 – Mangan, 7 – Ammonium, 8 – Nitrit, 9 – Nitrat, 10 – Kennzahl, 11 – Chloroform, 12 – Tetrachlormethan, 13 – Pestizide

Bei der Überschreitung der zulässigen Werte werden folgende Maßnahmen angewandt:

- Sanierung des Einzugsgebietes mit verschärften Restriktionen
- Ausweichen auf Ersatzfassungen
- Anschluß an andere Versorgungsgebiete
- Nitrateliminierung im Wasserwerk als letzte Möglichkeit

International läuft eine umfangreiche Forschung zu den verschiedenen Verfahren der Nitrateliminierung in Wasserwerken. Die bisher in Großversuchsanlagen angewandten Verfahren sind:

- Ionenaustausch, darunter
  - Anionenaustausch mit unspezifischen IA-Harzen und Regenerierung mit Cl^- oder HCO_3^-
  - Teilentsalzung als kombinierter Kationen- und Anionenaustausch
  - Teilentsalzung im Mischbettfilter mit Regenerierung mit CO_2
  - Anionenaustausch mit NO_3-selektiven Harzen (z. B. Wofatit SN35L)
- Umkehrosmose/Elektrodialyse als Membranverfahren zur Teilentsalzung /13/
- heterotrophe Denitrifikation in verschiedenen Varianten als Trägerbiologie mit Festbett- oder Wirbelschichtreaktoren /14/
- autotrophe Denitrifikation mit Wasserstoff /14/

Eine Kostengegenüberstellung verschiedener Verfahren unter einheitlichen Bedingungen zeigt Bild 5. Leistungsfähige Verfahren der heterotrophen Denitrifikation können also mit den IA-Verfahren von den Invest- und Selbstkosten durchaus konkurrieren. Ihr Vorteil ist der Anfall umweltfreundlicher Abprodukte, wie gasförmiger Stickstoff und geringe Mengen an Bioschlamm.

zen, um auch biologisch schwer abbaubare Stoffe zu eliminieren. Diese erfordern Aufenthaltszeiten von rund 20 Tagen.

Auf Basis von Forschungsarbeiten an der TH Leuna-Merseburg und Test von Versuchschargen von A-Kohlemustern im FZ Wassertechnik wurde in der chemischen Industrie eine Anlage zur Produktion von gekörnter A-Kohle auf Basis einheimischer Braunkohle errichtet.

Jetzt steht der Wasserwirtschaft die A-Kohle WRK 1 zur Verfügung. Diese Aktivkohle wurde seit 1985 in kleintechnischen Versuchen zur Optimierung der Aufbereitungstechnologie in verschiedenen Wasserwerken einbezogen.

Seit 1987 wird WRK 1 großtechnisch im WW Berlin-Friedrichshagen eingesetzt. Im Langzeitbetrieb werden die Filterkonstruktion – es handelt sich um offene Schnellfilter mit 64 m^2 Grundfläche –, das Verhalten der WRK 1, die Transport-, Umschlag- und Lagerprozesse untersucht.

Der Einsatz gekörnter Aktivkohle in Filtern ist nur dann wirtschaftlich, wenn gleichzeitig das Problem der thermischen Regenerierung der erschöpften A-Kohle gelöst wird. Die erste Anlage dieser Art wird als Industrieversuchsanlage im WW-Friedrichshagen errichtet.

Zum Einsatz von Ozon in Verfahrenskombinationen mit A-Kohle und Adsorberharzen laufen in der DDR umfangreiche Forschungsarbeiten.

Zur Oxydation von NH_4^+ im Aufbereitungsprozeß dient der vom FZ Wassertechnik entwickelte Biooxydator /1/. Es handelt sich um einen Reaktor in Leichtbauweise mit Schaumpolystyrol als Aufwuchsträger. Im Versuchsbetrieb wurden NH_4^+-Konzentrationen bis 20 mg/l (mit Ammoniumsulfat aufgestocktes Ufer- und Infiltrat) mit Zwangsbelüftung in einer 2stufigen Anlage eliminiert.

Kennziffer	JA-Verfahren				UO	Mikrobielle Verfahren			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
WW „K"	Kapazität $\dot{V}$ = 2 400 m³/d, V_{385} = 1 200 m³/d; Rohwasser mit NO_3 ≈ 130 mg/l; Mischwasser-Reinwasser mit NO_3 ≈ 25 mg/l								
spezif. Leistung -NO_3-NVK (mol/l)	≈ 0,15	0,11–0,15	0,10	0,03	–	–	–	–	–
Raumleistung (kg NO_3/m³RVxd^{-1})	–	–	–	–	–	0,13–0,18	0,08–0,18	0,29–0,35	0,02–0,04
spezif. Investkosten									
DM/m³ × d^{-1}	320	320	400	960	490	1 140	430	–	1 690
TDM/kgNO_3 × d^{-1}	3,04	3,04	3,82	9,15	4,66	10,9	4,1	–	16,1
Selbstkosten DM/kg ΔNO_3	6,1	6,9	7,05	9,7	6,4	11,0	5,5	≈ 4,2	15,1

1 Anionenaustausch, Regen. mit NaCl
2 Anionenaustausch, Regen. mit $NaHCO_3$
3 Teilentsalzung NITREX-TE-Verfahren
4 Teilentsalzung CARIX-Verfahren
5 Umkehrosmose
6 DENIPOR-Verfahren
7 NITRAZUR-Verfahren
8 Verfahren der Fa. Eppler (BRD)
9 DENITROPUR-Verfahren

Bild 5 Vergleich der Leistungsparameter und Kosten verschiedener Verfahren der Nitrateliminierung nach Basisdaten /14/

3.4. Nitratbelastete Rohwässer

In Ländern mit intensiver Landwirtschaft ist stellenweise ein Ansteigen der Nitratgehalte im Grundwasser und zum Teil auch im Oberflächenwasser beobachtet worden. Erhöhte Chlorid- und Sulfatwerte sind dagegen hauptsächlich geogen bedingt.

Die wirkungsvollste Maßnahme zur Lösung des Nitratproblems ist und bleibt der Schutz der Trinkwasser-Ressourcen durch rechtzeitige Festlegung von Schutzzonenordnungen und deren konsequenter Durchsetzung. Im weitaus größten Teil der DDR konnte der Nitratgehalt durch den vorbeugenden GW-Schutz unter dem Grenzwert gehalten werden. Grenzwertüberschreitungen treten in der DDR nur bei kleineren Anlagen und bei der Einzelwasserversorgung auf.

In der DDR ist seit 1987 ein nitratselektives IA-Harz mit der Bezeichnung Wofatit SN35L auf dem Markt, das gemeinsam vom VEB Chemiekombinat Bitterfeld und FZ Wassertechnik Dresden im WW Wilhelmsdorf/Bezirk Gera großtechnisch seit 1985 erprobt wurde. Gegenüber dem Anionenaustausch mit unspezifischen Harzen wird der Regeneriermittelverbrauch und damit der Anfall salzhaltiger Eluate um rd. 50 % reduziert. Damit ist das kostengünstige IA-Verfahren wesentlich umweltfreundlicher geworden. Ein weiterer Vorteil

dieses weltstandsbestimmenden Harzes ist der geringe Chloridanstieg von etwa 0,8 mg $Cl^-/mg\ \Delta NO_3^-$
Forschungsarbeiten zur heterotrophen Denitrifikation in einem abwärts durchströmten Wirbelschichtreaktor sind im FZ Wassertechnik angelaufen. Aus ökonomischen Gründen kommt die UO-Technologie in der DDR zur Nitrateliminierung nicht zum Einsatz. Ebenso wird die Entwicklung abproduktarmer IA-Verfahren durch Aufkonzentrierung und Verdampfung der Konzentrate einer UO-Anlage bis zum streufähigen Salz /13/ oder der biologischen Regenerierung der Eluate beim IA-Verfahren als Recycling-Prozeß /25/ für zu aufwendig und kompliziert im Betrieb angesehen. Diese Verfahren sind bestenfalls in größeren Anlagen einsatzfähig.

4. Zusammenfassung und Schlußfolgerungen

– Verfahrensstufen der weitergehenden Trinkwasser-Aufbereitung sind Teil einer technologischen Kette. Eine Dimensionierung kann nur in komplexer Untersuchung der gesamten Kette vorgenommen werden. Dieser Weg wird erfolgreich seit rd. 10 Jahren beschritten. Nur so sind effektive Technologien mit Minimierung der Invest- und Betriebskosten und hoher Betriebssicherheit für den konkreten Einzelfall festzulegen.
– Auf Grund der relativ hohen Kosten für die Verfahrensstufen der weitergehenden TW-Aufbereitung sind die möglichen Aufbereitungseffekte vorgeschalteter Stufen voll zu nutzen.
– Durch konsequente Einhaltung der Schutzzonenordnungen, Sanierung der Einzugsgebiete und der Fließgewässer sind die Rohwasserressourcen zu schützen und Schritt für Schritt in der Qualität zu verbessern. Das betrifft besonders die Senkung der organischen Grundlast in den Fließgewässern und den Schutz des Grund- und Oberflächenwassers vor dem Eintrag von Nitrat. Auch auf diesem Gebiet gilt der Grundsatz „Vorbeugen ist besser als Heilen"
– Besonders bei der Lösung des Nitratproblems ist die volkswirtschaftlich günstigste Lösung nur durch eine Prozeßanalyse des betroffenen Versorgungsgebietes mit technisch-ökonomischem Vergleich der Alternativen zu finden.
– In der Forschung der Wasserwirtschaft der DDR wurden die klassischen Verfahren zu Hochleistungsverfahren entwickelt und Lösungen für die weitergehende TW-Aufbereitung erarbeitet. Die Verfahren und Technologien sind zum Teil bereits in die Praxis eingeführt oder in die Investvorbereitung eingeflossen. Zu den Verfahren und Technologien zählen z. B. die A-Kohletechnologie mit gepulverter oder gekörnter A-Kohle, die Grundwasseranreicherung mit KUROF-Geräten und das IA-Verfahren mit nitratselektivem Harz zur Nitrateliminierung.
– Entsprechend dem Bedarf und den Anforderungen aus der Praxis wird planmäßig an der Weiter- und Neuentwicklung von Verfahren und Anlagen zur weitergehenden TW-Aufbereitung gearbeitet.

Das Literaturverzeichnis kann bei der Redaktion der Zeitschrift „Wasserwirtschaft – Wassertechnik" abgefordert werden.

Fachverband Wasser der KDT, Fachausschuß Wasserversorgung
Bezirksverband Frankfurt (Oder) der KDT

Wissenschaftlich-technische Tagung

Neue Technologien in der Trinkwasseraufbereitung

2.–3. 12. 1987, Frankfurt (Oder)

Der Fachausschuß Wasserversorgung und der Bezirksverband Frankfurt (Oder) der KDT führten am 2./3. Dezember die wissenschaftlich-technische Tagung „Neue Technologien zur Trinkwasseraufbereitung" durch. Inhaltlich vorbereitet wurde diese Tagung, die mit internationaler Beteiligung stattfand, vom Fachunterausschuß Wasseraufbereitung. Im Mittelpunkt standen Themen der Weitergehenden Trinkwasseraufbereitung und der Desinfektion von Trinkwasser.
Während anthropogene Einflüsse die Qualität der verfügbaren Wasserressourcen zunehmend verschlechtern, benötigt der Mensch für verschiedene Verwendungszwecke ständig mehr Wasser höchster Qualität. Seit etwa 20 Jahren werden in verschiedenen Ländern Technologien zur Wasseraufbereitung erprobt und eingesetzt, die über die lange Zeit vorherrschende Grob- und Feinaufbereitung hinausgehen. Auch in der DDR werden solche Untersuchungen durchgeführt. Über Ergebnisse und Vorhaben auf diesem Gebiet wurde auf der Frankfurter Tagung erstmals ein breiterer Kreis von Fachleuten informiert.
Die Teilnahme zahlreicher Spezialisten aus dem In- und Ausland beweist das große Interesse an dieser Problematik.
Der amtierende Abteilungsleiter Wasserversorgung im Ministerium für Umweltschutz und Wasserwirtschaft, Dipl.-Ing. Müller, und der Leiter der Zentralen Arbeitsgruppe QSS, Dipl.-Ing. Lübker, gaben in ihren Referaten die Hauptrichtungen unserer Arbeit an.
Die Tagung war in 3 Komplexe gegliedert.
Im **Komplex 1** wurde die Notwendigkeit der Weitergehenden Trinkwasserversorgung erörtert. Nach TGL 55 031 gehören hierzu alle „Aufbereitungsstufen zur Adsorption und Oxidation für die Entfernung von Geruch, Geschmack und Mikroverunreinigungen aus dem Wasser" Unterschieden werden
Oxidationsanlagen,
Adsorptionsanlagen,
Biologische Aufbereitungsanlagen,
Ionenaustauscheranlagen,
Eintrag zusätzlicher Wasserinhaltsstoffe
Die Vorträge dieses Komplexes stellten die neuen Anforderungen den gegenwärtig vorhandenen Anlagen und noch notwendigen Forschungen gegenüber.
Im **Komplex 2** wurde die Schadstoffeliminierung aus belasteten Rohwässern behandelt. Wesentliche Gedanken hierzu äußerten eine Reihe ausländischer Autoren sowie Dr. Wricke, indem sie die Anwendungsmöglichkeiten von Aktivkohle und Ozon erläuterten. Dr. Eichhorn sprach zu Möglichkeiten und Grenzen der Wasseraufbereitung im Grundwasserleiter.
Dipl.-Ing. Scholze referierte zu neuen Verfahren und Anlagen zur Nitrateliminierung. Dabei ging er besonders auf die Strategie zur Verwendung nitratarmer Rohwässer und den Stand unserer Forschungen zum Ionenaustausch und der mikrobiellen Nitrateliminierung ein. Der Problematik der Infiltration für Grundwasseranreicherungsanlagen und Langsamfilter unter Verwendung des neuen Filtersandreinigungsgerätes System OF widmeten sich die Beiträge von Frau Dr. Menschel, Dresden, und Dr. Kuhn, Frankfurt (Oder).

Der **Komplex 3** befaßte sich mit der Trinkwasserdesinfektion. Den von Dr. Schulze, Bad Elster, vorgetragenen neuen Erkenntnissen und Anforderungen an hygienisch unbedenkliche Desinfektionsanlagen stellte Dr. Wingrich, Halle-Neustadt, den Entwicklungsstand der Geräte zur Dosierung von Chlorverbindungen gegenüber. Über diese Anlagen und Geräte wird zusammenfassend in der KDT-Empfehlung W 10 des FA Wasserversorgung informiert. Dipl.-Ing. oec. Strian, Gera, referierte über die Durchsetzung kontinuierlicher Desinfektion und Nachweisführung bis zum Endverbraucher durch einen VEB WAB. Neue internationale Entwicklungstendenzen unter besonderer Beachtung der UV-Bestrahlung erläuterte Prof. Dr.-Ing. habil. Kittner, Dresden.

Die Tagung zeigte grundsätzliche Wege zur Aufbereitung von Rohwässern schlechter Beschaffenheit auf und stellte einzelne Verfahren konkret vor. Damit liegen die technischen Lösungen zum Erreichen eines guten Trinkwassers vor, für den Einzelfall sind jedoch sorgfältige Voruntersuchungen unumgänglich. Wichtig ist die mehrfach vorgetragene Forderung, bei Anwendung neuester Technologien der vorherigen Entfernung der Präkursoren große Aufmerksamkeit zu widmen. Weiterhin wurden die negativen Auswirkungen der bisherigen Desinfektionsmittel hervorgehoben. Entwicklungen neuer Verfahren, Geräte und Anlagen zur Trinkwasserdesinfektion sind auch in der DDR umgehend in Angriff zu nehmen.
Die Aufbereitung von Rohwässern schlechter Beschaffenheit erfordert den Einsatz neuer und teilweise sehr teurer Technologiestufen. Im Interesse der Bereitstellung einwandfreien Trinkwassers für die Menschen ist hier eine Erhöhung der spezifischen Aufbereitungskosten und der Einsatz von hochqualifiziertem Personal unumgänglich. Vorbeugend ist verstärkt auf die Sanierung der Vorfluter zum Erreichen einer guten Rohwasserqualität zu orientieren, d. h. wirksamere Abwasserbehandlungsanlagen sparen Technologiestufen bei der Wasseraufbereitung. *Dr. Wingrich*

Entwicklungstendenzen der Trinkwasserdesinfektion unter besonderer Beachtung der UV-Bestrahlung

Kurzfassung eines Referates, gehalten auf der KDT-Tagung „Neue Technologien zur Trinkwasseraufbereitung", 2.–3. 12. 1987, Frankfurt (Oder)

Prof. Dr.-Ing. habil. Harry KITTNER, KDT
Technische Universität Dresden, Sektion Wasserwesen

Entscheidungen über die zweckmäßigsten Verfahrenskombinationen und den Betrieb von Trinkwasseraufbereitungsanlagen müssen die Probleme der Desinfektion von vornherein einschließen. Das Wissen über mögliche Reaktionsmechanismen und die hygienische Beurteilung der Endprodukte hat sich in den letzten Jahren stark erweitert, ist aber trotzdem bei weitem nicht ausreichend. Dies zeigen z. B. auch noch einmal die auf einem Internationalen Workshop „Wasserdesinfektion" 1986 in Frankreich behandelten Probleme zum

- Einfluß der Wasserqualität auf die Desinfektion und die
- Beeinflussung der Wasserqualität durch die Desinfektion.

Unbestritten ist, daß bei der Chlorung organisch belasteter Rohwässer hygienisch bedenkliche Chlororganika in kritischen Konzentrationen auftreten können. Dies gilt in erster Linie für die Chlorung mit dem Ziel der Oxydation im Zuge der verschiedenen Aufbereitungsstufen. Aber auch bei den relativ kleinen Chlormengen im Rahmen der Desinfektion ist dies nicht ausgeschlossen /1/.

Ein anderes Problem ist die Desinfektion mit Chlor, wie sie in kleinen, meist unbesetzten Wasserwerken durchgeführt wird. Hier ist ein stabiler Betrieb oft nicht erreichbar.

Beide Probleme veranlaßten intensive Forschungen hinsichtlich alternativer Verfahren der Oxydation und Desinfektion. Wesentliche Bedeutung haben:

- Chlordioxid
- Ozon
- UV-Bestrahlung

Ein ideales Desinfektionsmittel gibt es nicht. Jedes Verfahren ist mit Vor- und Nachteilen behaftet. Wichtige Kriterien derartiger Vergleiche sind unter anderem die Bildung gesundheitsschädigender Stoffe, die sichere Desinfektion, die anhaltende desinfizierende Wirkung, die Reaktionszeiten, der Energiebedarf, der stabile Betrieb und die Kosten.

Chlordioxid ersetzte das Chlor und reduziert entstehende Chlororganika, unter anderem wird es in Rühr-Wasserwerken eingesetzt /2/. Bei ähnlich gelagerten Güteverhältnissen ist diese Alternative ernsthaft zu prüfen.

Ozon wird in zahlreichen Ländern sowohl als Oxydationsmittel, vielfach in Kombination mit A-Kohle, als auch allein zur Desinfektion eingesetzt. Eine anhaltende desinfizierende Wirkung besteht allerdings nicht. Das führt aber selben zu Wiederverkeimungsproblemen. Gegebenenfalls ist das Ozonverfahren mit einer Sicherheitschlorung zu koppeln. Die Bildung kritischer Chlororganika ist kaum zu erwarten. Bei kleinen Kapazitäten wird Ozon wegen der anspruchsvollen Technologie nicht eingesetzt.

Desinfektion

Im Rahmen der Desinfektion sind besonders die Probleme

- Vireninaktivierung
- Anwendung des Chloraminverfahrens und
- Wiederverkeimung

unter Beachtung sämtlicher Aspekte zu diskutieren und zu untersuchen, um für den praktischen Betrieb die notwendigen Maßnahmen ableiten zu können.

Die UV-Bestrahlung zur Desinfektion des Wassers gewann in den letzten Jahren international stark an Bedeutung. Die entkeimende Wirkung ultravioletter Strahlen ist seit langem bekannt. Schon vor 50 Jahren wurden erste Zusammenhänge zwischen der Wellenlänge, der Bakterienabtötung und Veränderungen der Nucleinsäure nachgewiesen.

Vor etwa 15 Jahren begann die Entwicklung leistungsfähiger UV-Brenner mit zweckmäßiger Lampengeometrie, das Bestrahlungsrohr erhielt Reflektoren und Prallbleche. Damit war eine gleichmäßige Dosisleistung über den Querschnitt erreichbar. Es entstanden leistungsfähige und betriebsstabile Systeme.

Technische Aspekte

Bei der Erzeugung der UV-Strahlen geht es um Prozesse der Energieumwandlung. Elektrische Energie wird in Strahlenenergie umgesetzt. Dabei ist das ausgestrahlte Linienspektrum nicht nur abhängig von der Gasart, sondern auch von den Entladungsparametern. Niederdruckstrahler sind Hochdruckstrahlern eindeutig überlegen, da erstere ihre Energie fast vollständig bei einer Wellenlänge von 253,7 mm abstrahlen. Dieser sogenannte UV-C-Bereich ist für die Entkeimung ganz entscheidend.

Die Art des Mikroorganismus, der physiologische Zustand seiner Zellen sowie die Umgebungsfaktoren bestimmen seine UV-Empfindlichkeit. Zum Abtöten von Bakterien und Viren genügen im allgemeinen geringe Bestrahlungsdosen und damit kurze Kontaktzeiten.

Folgende Kriterien charakterisieren die UV-Bestrahlung:

1. Strahlungsleistung
2. Bestrahlungsstärke
3. Bestrahlungsdosis
4. Mindestdosis
5. Transmissionsgrad des Strahlers und des Wassers

Um die Transmission groß zu halten, muß das zu bestrahlende Wasser bestimmte Güteanforderungen erfüllen. Inzwischen werden mit leistungsstarken Strahlern auch ausgezeichnete Desinfektionseffekte bei der Bestrahlung von Abwasser erreicht.

Die vorliegende Forschungsliteratur ist umfangreich, zitiert werden durchgängig positive Ergebnisse /3/ So lassen sich auch zeitweise getrübte Quellwässer und organisch belastete Uferfiltrate sicher desinfizieren. Bei huminsäurebelasteten Wässern wurde infolge zu hoher Trihalomethanwerte die Chlorung durch die UV-Bestrahlung abgelöst. Die Ergebnisse waren voll befriedigend. Besonders sichere Effekte konnten auch bei der Vireneliminierung festgestellt werden.

Konstruktion

Die Strahler werden in die Druckleitung eingebaut, und zwar – je nach System – in verschiedener, meist jedoch zentrischer Anordnung. Dabei befinden sich die Strahler in Quarzrohren im Durchflußraum. Die an der ungünstigsten Stelle vorhandene Bestrahlungsstärke ist mit einem geeigneten Meßgerät zu erfassen. Wird der erforderliche Wert durch Alterung des Strahlers, durch Beschlag des Quarzrohres oder durch ungenügende Wasserqualität nicht erreicht, ist die Anlage automatisch abzusperren. Das wird bei der sehr sicheren Auslegung der Anlage äußerst selten der Fall sein.

Die Brenndauer der Strahler liegt bei über 8000 h. Der Energiebedarf schwankt zwischen 10 und 50 W/m^3 Wasser.

International werden Anlagen mit einer Leistung zwischen 0,5 und 2000 m^3/h angeboten. In der DDR sind Anlagen im Schiffbau und in der Getränkeindustrie bis etwa 20 m^3/h im Einsatz.

Mit der UV-Bestrahlung des Wassers mit dem Ziel der Desinfektion steht ein alternatives Verfahren zur Verfügung, das bei den kleineren Kapazitäten die vor allem dort vorhandenen Instabilitäten ausgleichen könnte. Das Verfahren ist aber auch überall dort interessant, wo es um die Vermeidung von Trihalomethanen durch die Chlorung geht. Dies wurde international in größerem Umfang bereits bei großen Kapazitäten (z. B. in Norwegen und Schweden) realisiert.

Literatur

/1/ *Strobel, K.:* Experimentelle Untersuchungen zur mutagenen Potenz von Produkten der Trinkwasserchlorung – Ein Beitrag zur hygienisch-toxikologischen Bewertung von Umweltschadstoffen und zur Prognistizierung toxischer Effekte. Dissertation B, Medizinische Akademie Dresden, 1987

/2/ *Nissig, W./Bernhard, H.:* Erfahrungen mit Chlordioxid als Desinfektionsmittel. gwf-Wasser-Abwasser 128 (1987), H 1

/3/ *Gelzhäuser, P..* Desinfektion von Trinkwasser durch UV-Bestrahlung, Sindelfingen, expert-Verlag 1985

Zur Durchsetzung des Qualitätssicherungssystems im VEB WAB Rostock

Gekürzte Fassung eines Vortrages, gehalten auf der KDT-Tagung „Neue Technologien zur Trinkwasseraufbereitung", 2.–3. 12. 1987, Frankfurt/Oder

Dipl.-Ing. Reinhard LÜBKER, KDT
Beitrag aus dem VEB WAB Rostock

Der Bezirk Rostock hat rund 910000 Einwohner. Die Trinkwasserversorgung erfolgt für 94,3% der Einwohner durch den VEB WAB Rostock, für 4,0% durch zentrale Anlagen anderer Rechtsträger sowie für 1,7% durch eigene Versorgungsanlagen der Bevölkerung. Hohe Anforderungen an die Trinkwasserversorgung ergeben sich aus der Durchführung des Wohnungsbauprogramms und der Entwicklung des Erholungswesens.
Die Trinkwasserabgabe an die Industrie hat sich im Ergebnis der rationellen Wasserverwendung rückläufig entwickelt, ihr Anteil beträgt gegenwärtig 18,3% der Gesamtabgabe des VEB WAB Rostock.
Die Versorgung der Einwohner mit Trinkwasser ist nach Menge und Druck im wesentlichen stabil. Allerdings steigt im Sommer bei anhaltender Trockenheit der Trinkwasserverbrauch in Erholungsgebieten auf das Zwei- bis Dreifache, so daß verbrauchsregulierende Maßnahmen zur Senkung der Bedarfsspitzen notwendig sind.
Bei der Gewährleistung der Trinkwasserqualität sind Fortschritte erreicht worden. Bild 1 verdeutlicht, daß die gegenwärtig noch bestehenden Qualitätsmängel vor allem die Kriterien Geruch/Geschmack und organische Inhaltsstoffe betreffen. Andere Qualitätsmängel haben einen geringen Anteil. Die Schwerpunkte für die Qualitätssicherung in der Trinkwasserversorgung sind die Städte Rostock und Stralsund, die zentralen Anlagen anderer Rechtsträger und bevölkerungseigene Versorgungsanlagen.

Einführung des Qualitätssicherungssystems für die Trinkwasserversorgung

Nach gründlicher Vorbereitung wurde zum 1. 7. 1986 das Qualitätssicherungssystem im VEB WAB Rostock eingeführt. Dabei wurde die Arbeit in folgenden Hauptrichtungen organisiert:

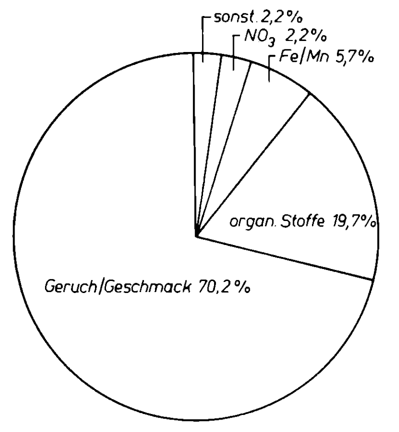


Bild 1 Art und Anteil der Qualitätsbeanstandungen

1. Gründliche Schulung und Überzeugungsarbeit zur konsequenten Durchsetzung von Ordnung, Sauberkeit und Hygiene sowie der planmäßigen Instandhaltung. Nutzung aller Möglichkeiten der ideellen und materiellen Stimulierung.
2. Ausbau der Wissenschafts-Produktions-Kooperation. Orientierung der Neuerer und Jugendforscherkollektive auf die Überleitung von Schlüsseltechnologien.
3. Erweiterung der Kapazitäten zur Rationalisierungsmittelproduktion und zur Durchführung von Montageleistungen.
4. Wirksamere Kontrolle und Überwachung der Rohwasser- und Trinkwasserqualität mit Hilfe der Computertechnik. Einbeziehung des Betriebspersonals in die Qualitätsüberwachung.
5. Einbeziehung des Qualitätssicherungssystems in die Vorbereitung von Investitionen, Übernahme von Wasserwerken der örtlichen Staatsorgane in die Rechtsträgerschaft des VEB WAB Rostock.

Bei der bisherigen Anwendung des Qualitätssicherungssystems hat sich bestätigt, daß es nur so wirksam ist, wie es gelingt, die Werktätigen zu seiner Durchsetzung zu befähigen und die notwendigen ideologischen Positionen auszuprägen. Ausdruck neuer Haltungen ist z. B. die Übernahme der Schichtgarantie durch die Rostocker Wasserwerker. Mit dieser Initiative verpflichteten sie sich, nicht nur in der eigenen Schicht Qualitätsarbeit zu leisten, sondern auch alle Voraussetzungen zu schaffen, damit die nachfolgende Schicht qualitätsgerechtes Trinkwasser produzieren kann.
Es hat sich bewährt, daß die qualitätsgerechte Trinkwasserversorgung Bestandteil des sozialistischen Wettbewerbs und des Leistungsvergleiches ist. Zugleich wird sie bei der Festlegung der leistungsorientierten Lohn- bzw. Gehaltsformen berücksichtigt.
Das Qualitätssicherungssystem erfordert, die bisherige Arbeit kritisch zu analysieren und jede Abweichung vom Qualitätssicherungssystem konsequent zu unterbinden.
– 1987 mußten in einem Versorgungsgebiet sehr aufwendige Maßnahmen durchgeführt werden, um im Trinkwasser biologische Beanstandungen zu beseitigen. Diese Qualitätsbeeinträchtigung wurde durch Nachlässigkeiten bei der hygienischen Abdichtung der Trinkwasserbehälter sowie mangelnde Revision und Instandhaltung begünstigt.
– Wiederholt kam es zu Eingaben, weil aus Druckspeichern für die Warmwasserversorgung starker Schwefelwasserstoffgeruch austrat. Neben Ursachen in den Druckspeichern selbst war entscheidend, daß im Trinkwasser der lt. TGL 22 433 vorgeschriebene Mindestsauerstoffgehalt durch Mängel in der Wasserwerkstechnologie nicht erreicht wurde.

Die unbedingte Einhaltung der Bedienungsvorschriften, die planmäßige Revision und bedarfsgerechte Instandhaltung haben sich als grundsätzliche Elemente des Qualitätssicherungssystems erwiesen.

Anwendung von Wissenschaft und Technik

Die Anwendung von Schlüsseltechnologien und anderen Ergebnissen aus Wissenschaft und Technik sind im VEB WAB Rostock Hauptbestandteil des Qualitätssicherungssystems. Besonders hohe Anforderungen ergeben sich bei der Sicherung einer qualitätsgerechten Trinkwasserversorgung in der Bezirksstadt Rostock.
Für Rostock wird Trinkwasser aus der Warnow aufbereitet. Die Warnow ist organisch belastet, vor allem führen Algenentwicklungen und Einflüsse aus der Landwirtschaft zu Geruchs- und Geschmacksbeeinträchtigungen. Mit der intensiven Kapazitätssteigerung im Wasserwerk Rostock wurden Voraussetzungen geschaffen, die Trinkwasserqualität zu verbessern. Um jedoch jederzeit alle Güteanforderungen erfüllen zu können, ist es notwendig, die Beschaffenheit des Warnowwassers zu verbessern und die Wasserwerkstechnologie durch Stufen der weitergehenden Wasseraufbereitung zu vervollkommnen. Das ist ohne die Anwendung von Schlüsseltechnologien und modernen Aufbereitungsverfahren nicht möglich.
Zu den in den letzten beiden Jahren im Wasserwerk Rostock eingeführten F/E-Ergebnissen gehören die Mehrschichtfiltration mit Blähton, der Einsatz von aktivierter Kieselsäure (10 mg/l) bzw. des organischen Flockulanten Magnafloc sowie die Dosierung von Kaliumpermanganat (2 mg/l). Die Aktivkornkohlefiltration wird bis 1990 und die Röhrensedimentation bis 1991 eingeführt werden. Gegenwärtig wird die Eignung von Adsorberharzen und Ozon untersucht.
Zur Durchführung der Forschungsaufgaben und zur Steuerung des Wasserwerkes wird 1988 ein Steuerwasserwerk errichtet. Dabei handelt es sich um eine Pilotanlage mit einer Kapazität von 1 m^3/h je Versuchslinie, in der technologische Versuche durchgeführt und mit Computer ausgewertet werden sollen. Weitere Forschungsarbeiten beschäftigen sich mit der Möglichkeit, durch ökotechnologische Maßnahmen die Rohwasserbeschaffenheit der Warnow bzw. des Zulaufkanals zu verbessern. Das ist eine sehr interessante Variante der Anwendung von Biotechnologien.
Die Aufgaben der Forschung werden in Rostock in enger Kooperation des VEB WAB Rostock und der WWD Küste mit dem FZ Wassertechnik Dresden, der WWD Untere Elbe und mit der Wilhelm-Pieck-Universität Rostock gelöst.

Die Neuerer- und Jugendforscherkollektive tragen ebenfalls zur Entwicklung neuer Lösungen bei. Viele Initiativen wurden in der MMM-Bewegung entwickelt.
Seit 1985 sind auf den Betriebsmessen der MMM 12 Exponate vorgestellt worden, die unmittelbar zur qualitätsgerechten Trinkwasserversorgung beitragen. Ein hervorragendes Beispiel ist die Entwicklung eines Kleinwasserwerkes in Montagebauweise mit einer Kapazität von 10 bis 100 m^3/h. Es ist geeignet, in ländlichen Versorgungsgebieten qualitätsgerechtes Trinkwasser zu produzieren. Es hat den Vorteil eines sehr geringen Bauanteils, die Montagezeiten betragen maximal zwei Wochen. Das erste Kleinwasserwerk dieser Reihe (Kapazität 40 m^3/h) wurde 1986 in Ziesendorf, errichtet. (Bild 2) Die überdurchschnittlich rasche Steigerung der Rationalisierungsmittelproduktion verbessert die Voraussetzungen für eine qualitätsgerechte Trinkwasserversorgung erheblich. In Tabelle 1 sind ausgewählte Erzeugnisse aus der Rationalisierungsmittelproduktion dargestellt, sie stammen überwiegend aus der MMM-Bewegung.

Überwachung der Wasserqualität

Die Kontrolle und Überwachung der Rohwasserbeschaffenheit und der Trinkwasserqualität und ihrer möglichen Entwicklung wurde ausgebaut. Bewährt hat sich, daß die Staatliche Gewässeraufsicht wöchentlich die Prognose der Beschaffenheitsentwicklung der Warnow an den VEB WAB übergibt.
Grundlagen der Leitungsentwicklung des Betriebslabors sind

- die Installation effektiver und moderner Analysegeräte, (M40, M85, AA1). Die Einführung der Dünnschicht- und Gaschromatographie ist geplant.
- die Nutzung der Computertechnik bei der Verarbeitung der Analysenergebnisse.
- Kooperationsbeziehungen zum Bezirksumweltlabor, den Laboren der Hygieneorgane und der Wilhelm-Pieck-Universität.

Um die Leistungsfähigkeit der Datenbank „Laborergebnisse“ zu erhöhen, ist vorgesehen, den bisher verwendeten Bürocomputer BC 5120 durch den Computer A 7100 bzw. 7150 zu ersetzen.
Die Eigenkontrolle der Trinkwasserqualität durch das Betriebspersonal hat sich als wichtiger Bestandteil der Qualitätssicherung bestätigt. Schrittweise wird der 1987 in der MMM entwickelte Arbeitsplatz zur Kontrolle der Parameter Chlor, Sauerstoff und Eisen in 27 Wasserwerken eingeführt. Wöchentlich wird in der Lageberatung des Hauptingenieurs die Qualitätssicherung in der Trinkwasserversorgung ausgewertet.

Tafel 1 Rationalisierungsmittelproduktion

Erzeugnis	produzierte Stückzahl
Kleinwasserwerke	5
Aufbereitungsanlagen in Containerbauweise	4
Druckerhöhungsstationen in Containerbauweise	7
Mobile Desinfektionsanlagen für Chlorgas	14
Trockendosieranlagen für Fluorsalze	25
Automaten zur Chlorbestimmung	2
Pumpenprüf- und Desinfektionsstand	1

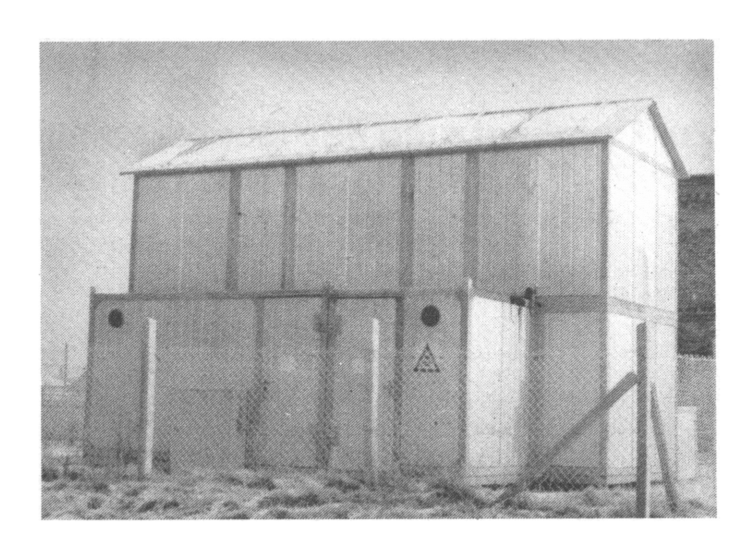


Bild 2
Wasserwerk Ziesendorf, Kreis Rostock-Land
Foto: Klug

Aufgaben und Ziele bis 1990

Es ist das Ziel des VEB WAB Rostock noch vorhandene Qualitätsbeeinträchtigungen bis 1990 zu beseitigen. Die langfristige konzeptionelle Arbeit, z. B. mit einem Qualitätssicherungsprogramm für den Fünfjahrplanzeitraum, hat sich als wirksam erwiesen.
Der Schutz der Naturressource Wasser ist eine grundsätzliche Aufgabe. Bewährt hat sich, daß in den Kreisen unter Leitung des Ratsmitgliedes für Umweltschutz und Wasserwirtschaft gemeinsam mit dem Versorgungsbereich und dem Flußbereich Kommissionen gebildet wurden, um gemeinsam die notwendigen Entscheidungen zur Durchsetzung der Schutzzonenbeschlüsse zu treffen und ihre Durchsetzung zu kontrollieren. Es gibt viele gute Erfahrungen und mit dem Qualitätssicherungssystem auch eine gute Arbeitsgrundlage. Die besten Ergebnisse in der qualitätsgerechten Trinkwasserversorgung wurden dort erreicht, wo die Zusammenarbeit mit dem Rat des Kreises am engsten war. Deshalb wird im VEB WAB Rostock schrittweise die Produktionsorganisation besser mit den politischen Kreisgrenzen in Übereinstimmung gebracht. Das Führungsbeispiel wird 1988 in Weiterführung der Greizer Initiative im Kreis Grevesmühlen geschaffen.

100 Jahre hydrometeorologische Messungen in Serbien

Seit nunmehr 100 Jahren werden in Serbien (Jugoslawien) hydrometeorologische Messungen vorgenommen. 1887 war ein astronomisches und meteorologisches Observatorium in einer Privatvilla in Belgrad gegründet worden. Dieses Observatorium bildete die Voraussetzung für die Schaffung des heutigen Astronomischen Observatoriums, der Meteorologischen Anstalt sowie der Seismologischen Anstalt und des Geomagnetischen Instituts Serbiens.
Das bedeutende Jubiläum für die Wissenschaftsentwicklung in Serbien ist verbunden mit neuen Vorhaben. So soll 1987 eine Reorganisation des gesamten Netzes der hydrologischen und meterologischen Stationen erfolgen. Ferner soll ein neues Laboratorium für die Untersuchungen von Wasser-, Luft- und Bodenqualitäten entstehen. (ADN)

China baut Warnsystem gegen Flutwellen aus

China plant in den kommenden zwei Jahren einen umfassenden Ausbau des Netzes von Warnstationen gegen Flutwellen entlang seiner gesamten Ostküste. Flutwellen treten oft als Folge von Seebeben auf und stellen für die Küstenstreifen dann extrem hohe Gefahren dar. Seit 1604 wurden die Küstenbewohner 17mal von Flutwellen überrascht. Die immer dichter werdende Besiedlung der Küstengebiete sowie der Einsatz von zahlreichen Erdölbohrinseln im Südchinesischen Meer verlangt jetzt verbesserte Sicherheitsmaßnahmen gegen diese Naturgewalt. Insgesamt 200 Flutwellenbeobachtungsstationen sind entlang der Küste bereits in Betrieb. Das Warnsystem soll nun zum einen weiter ausgebaut werden, zum anderen soll durch die Verkoppelung der Meßdaten der Stationen in zentralen Rechenanlagen die Voraussagegenauigkeit des Auftretens von Flutwellen verbessert werden. (ADN)

Zur Nutzung von Aktivkohle zur Trinkwasseraufbereitung in der VR Bulgarien

Gekürzte Fassung eines Vortrages, gehalten auf der KDT-Tagung „Neue Technologien zur Trinkwasseraufbereitung", 2.–3. 12. 1987, Frankfurt/Oder

Ing. Tenju PEJCEV; Chem.-Ing. Genka KOJCEVA, Sofia (VRB)

Aktivkohle war als Mittel zur Wasseraufbereitung bereits im alten Ägypten bekannt. Sie wird heute als universelles Sorptionsmittel auch bei den modernen komplizierten Wasseraufbereitungstechnologien angewandt. Je nach Technologie, Rohwasserqualität und den spezifischen technisch-ökonomischen Bedingungen wird das Adsorptionsmittel Aktivkohle (AK) in Pulverform (AKP) oder als Granulat (GAK) eingesetzt. Adsorptionsfilter mit Aktivkohlegranulat bilden gewöhnlich eine letzte sichere Barriere für die im aufbereiteten Wasser noch vorhandenen gelösten organischen und anderen Verbindungen.

Auf dem Weltmarkt werden eine Vielzahl Aktivkohlesorten unterschiedlichster Qualität angeboten. In der vorliegenden Arbeit werden für unsere Zwecke geeignete Aktivkohlen untersucht, um Daten für deren zweckmäßige Anwendung in unserer Aufbereitungspraxis zu gewinnen. Die beschriebenen Versuche sind erste Untersuchungen zur Anwendung von Aktivkohle in der Trinkwasseraufbereitung Bulgariens.

Im Labor wurde nach Standardmethoden die Qualität der in Bulgarien produzierten Aktivkohlen Karboryl-A (pulverförmig) und Karboryl-G (gebrochenes Granulat) untersucht.

In Tabelle 1 sind deren Eigenschaften parallel zu einigen im Ausland produzierten Aktivkohlesorten angegeben. Zur Porenbestimmung wurden Porengröße und -verteilung der granulierten Aktivkohle Karboryl-G nach dem Quecksilberverfahren bestimmt:

Gesamtporenvolumen ~ 0,550 cm^3/g

Minimaler Porenradius 10 nm

Porengröße	**Anteil an der Gesamtporenzahl**
10... 100 nm	etwa 15%
100... 1 000 nm	etwa 30%
1 000...10 000 nm	etwa 45%
> 10 000 nm	etwa 10%

Tabelle 1 Untersuchte Aktivkohlesorten

Aktivkohlesorte	Volumenmasse g/cm³	Jodindex	Adsorptionskapazität mg/g
AKP			
Karboryl-A	Pulver	462,0	29
GAK			
Karboryl-G	0,19	194,6	20
GAK Norit-RK	0,26	303,4	26
GAK Rumänien	0,37	104,9	25
GAK Ungarn	0,43	247,1	28
AR-Z UdSSR	0,55	253,0	22
BAU-UdSSR	0,23	296,0	31
Schemvrion G-300 Belgien	0,45	820,0	42

In den Bildern 1 und 2 (Kurve 1) sind die Integral- bzw. Differentialkurven der Porenverteilung von GAK Karboryl-G dargestellt. Radiologische Untersuchungen der bulgarischen Aktivkohlen ergaben bei beiden Aktivkohlesorten keine α- und β-Aktivität.

Zusammenfassend kann gesagt werden, daß von den in Bulgarien gestellten Aktivkohlen das pulverförmige Karboryl-A sehr gute Adsorptionseigenschaften hat und in der Trinkwasseraufbereitung erfolgreich eingesetzt werden kann. Karboryl-G (GAK) hat jedoch nur eine geringe mechanische Festigkeit.

In diesem Zusammenhang testeten wir außer bulgarischer Aktivkohle auch Norit-RK (1–3 mm). Diese Sorte wurde unter statischen und dynamischen Laborbedingungen bezüglich der Adsorption von Phenol erprobt. Unter statischen Bedingungen beträgt das Adsorptionsvermögen 0,5 mg/g, unter dynamischen Bedingungen 0,052 mg/g (Filtergeschwindigkeit 4 km/h).

Die Untersuchungen führten wir mit zwei Wassertypen durch:

Talsperre „Jasna Poljana"

Die Talsperre „Jasna Poljana" wurde als Trinkwassertalsperre mit Trinkwasserschutzzone errichtet. Ihr Wasser weist eine geringe Trübung (20...30 mg/l), einen erhöhten Farbgrad (30...40°), eine Oxydierbarkeit von etwa 4 mg/l O_2 und einen zeitweise erhöhten Mangangehalt (bis 3 mg/l) auf. Unperiodisch treten Geruch und Geschmack auf.

Die Untersuchungen umfassen:

a) Filtration ohne Chemikalienzusatz über Sandfilter (SF) und Adsorption an granulierter Aktivkohle (GAK-Filter)

b) Kontaktflockung auf Sandfilter und Adsorption an GAK-Filter

c) Voroxydation mit $KMnO_4$, Kontaktflockung und Adsorption an GAK-Filtern.

Zu a) Die Versuche zur Filtration ohne Chemikalienzugabe erfolgten bei geringen Trübungswerten des Talsperrenwassers und bei Filtergeschwindigkeiten von 6 und 10 m/h. Die ermittelten Werte zeigen, daß bei dieser Technologie beide Filter (Sand- und Aktivkohlefilter) das Wasser nicht bis zu Trinkwasserqualität aufbereiten können. Unterschiedlich ist das Rückhaltevermögen von organischen Stoffen (organische Kohlenstoffverbindungen). Der Aktivkohlefilter hat ein 6...7mal größeres Rückhaltevermögen für organische Kohlenstoffverbindungen.

Zu b) Untersuchungen zur Kontaktflockung und Adsorption haben den Zweck, den Effekt der Flockung nachzuweisen und zu optimieren, um die Adsorptionsbedingungen zu verbessern und die Lebensdauer der Adsorbens (granulierte AK) zu erhöhen. Bei einer Filtergeschwindigkeit von 6 m/h wurden Aluminiumsulfatdosen von 10, 20 und 50 mg/l erprobt. Bei der Minimaldosis von 10 mg/l verschwindet die Trübung völlig, d. h., sie wird durch den Sandfilter zurückgehalten.

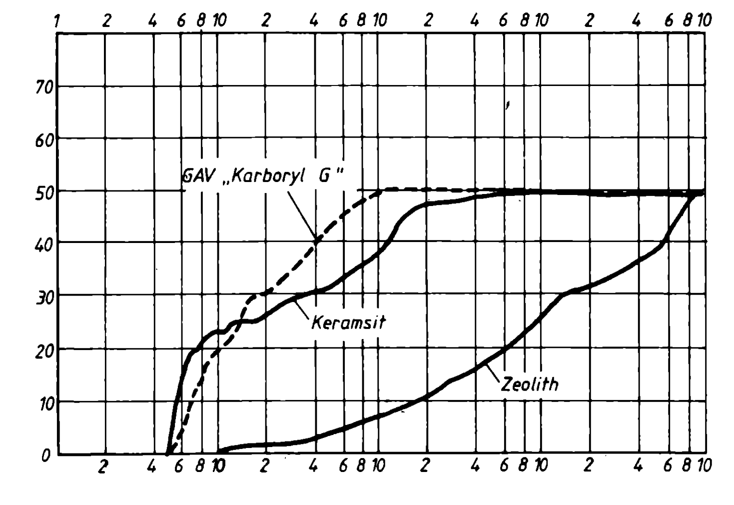


Bild 1 Integrationskurven der Porenverteilung. Dargestellt ist die Abhängigkeit zwischen Integralem Porenvolumen (in %) und Porenradius (in nm).

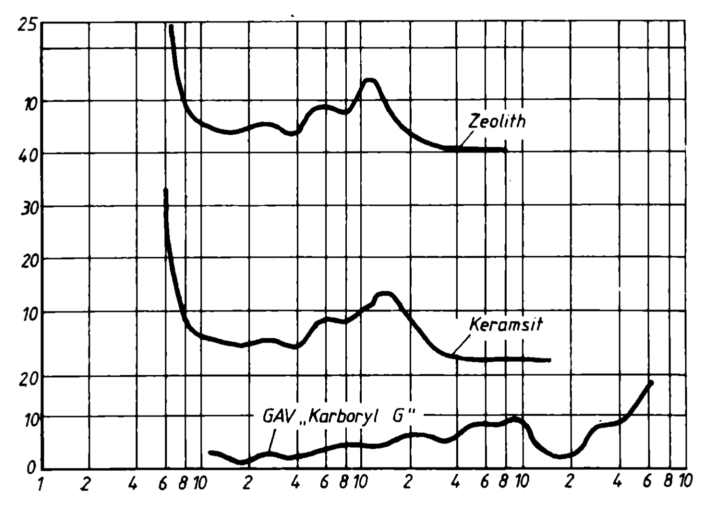


Bild 2 Differentialkurven der Porenverteilung. Differentielle Porenverteilung als Funktion des Porenradius (in nm).

Tabelle 2

$Al_2(SO_4)_3$-Dosis	pH	Prozentualer Unterschied im Wirkungsgrad von Sand- und Aktivkohlefilter			
		Farbgrad Pt	Oxydierbarkeit mg O_2/l	H_2S mg/l	Org. Stoffe mg/l
10 mg/l	6,5	21,8	12,3	6,7	5,4
20 mg/l	6,0	36,2	23,6	8,2	7,4
50 mg/l	5,4	38,9	34,2	13,4	9,3

Die erhöhte Dosis soll die im Wasser enthaltenen natürlichen organischen Stoffe zurückhalten. Der Wirkungsgrad wird nach folgenden Daten eingeschätzt: Farbgrad, Oxydierbarkeit, Gehalt an organischen Kohlenstoffverbindungen und H_2S. Tabelle 2 belegt den unterschiedlichen Aufbereitungseffekt von Sand- und Aktivkohlefiltern. Die angeführten Zahlenwerte weisen den hohen Wirkungsgrad des Aktivkohlefilters nach. Sie zeigen, daß die Adsorption von Aktivkohle mit der Erhöhung der Flockungsmitteldosis (Al^{3+}) und der Abnahme des pH-Wertes zunimmt.

Zu c) Vorherige Oxydation mit $KMnO_4$, Kontaktflockung und Adsorption an granulierter Aktivkohle. Untersucht wurde der Einfluß der vorgeschalteten Oxydation mit Chlor und $KMnO_4$. Die Vorbehandlung mit Oxydationsmittel verbessert die Flockung, was wiederum bessere Bedingungen für die Adsorption an der granulierten Aktivkohle schafft. $KMnO_4$ ist Chlor vorzuziehen.

Talsperre „Jastrebino"

Die Talsperre „Jastrebino" wurde für Bewässerungszwecke und ohne Schutzzone errichtet. Sie nimmt auch häusliche und landwirtschaftliche Abwässer auf. Das Talsperrenwasser weist für eine Reihe von Parametern bedeutend höhere Werte auf als im Trinkwasserstandard festgelegt; das betrifft z. B. Trübung, Farbgrad (bis 50° Pt), Geruch, Geschmack, Oxydierbarkeit (3,5...7,0 mgO_2/l), Ammoniak (0,2...0,7 mg/l), Nitrite (0,1...0,35 mg/l), Mangan (0...1,0 mg/l), Coli-Titer und Mikrobenanzahl.

Erstmals in Bulgarien wird hier eine mit Abwässern belastete Talsperre für Trinkwasserzwecke genutzt. Die Untersuchungen umfassen deshalb die Wasseraufbereitung komplex, einschließlich Ozonung, Flockung und Adsorption an Aktivkohle. Mehrvariantenversuche mit ein- oder zweistufiger Ozonung (Oxydation vor und nach dem Sandfilter) zeigen, daß Ozon folgende technologische Wirkungen hat:

- Verbesserung der Flockung und Verringerung der erforderlichen Flockungsmitteldosis
- Abnahme des Farbgrades
- teilweise Abnahme der Oxydierbarkeit.

Ozonung und Flockung können jedoch Geruch und Geschmack nicht vollständig eliminieren. Es ist deshalb ein Aktivkohlefilter nachzuschalten. Dazu wurde bulgarisches Karboryl-G verwendet.
Der KA-Filter beeinflußt den Farbgrad des Wassers nur wenig. Wesentlich verändert sich jedoch die Oxydierbarkeit, besonders bei Kombination mit vorangehender Ozonung oder mit zweistufiger Ozondosierung. Die Abnahme der Oxydierbarkeit des Wassers durch Aktivkohle ist von der zugeführten Ozonmenge abhängig.
Auf der Ordinate ist die Abnahme der Oxydierbarkeit (in % ΔOx) aufgetragen, die aus den unterschiedlichen Werten nach dem Sandfilter (OxS) und nach dem Aktivkohlefilter (OxAK) errechnet wurde. Zu ersehen ist, daß dieser Effekt zunimmt, was an der gering ansteigenden Geraden zu verfolgen ist. Die Wahl der Ozondosis hängt dabei von den technisch-ökonomischen Bedingungen ab, wobei auch die große Bedeutung des Ozons für die Erhöhung der adsorptiven Filterwirksamkeit berücksichtigt wird.
Die Ergebnisse zeigen, daß kleine Ozondosen bei der Voroxydation (in der Größenordnung 0,4 mg/l) noch keine standardgerechte Oxydierbarkeit garantieren können, wenn kein Aktivkohlefilter nachgeschaltet ist. Eine Ozondosis von etwa 1 mg/l garantiert einen standardgerechten Wert der Oxydierbarkeit, schließt allerdings eine zusätzliche Sicherheit nicht ein. In diesem Fall reduziert der Aktivkohlefilter die Oxydierbarkeit um 1,4...1,5 mg/l O_2. Nur höhere Ozonkonzentrationen (etwa 2,0 mg/l bei zweimaliger Dosierung) garantieren, daß die Oxydierbarkeit einen Wert von etwa 2,2 mg/l erreicht, ohne daß Aktivkohlefilter angewendet werden müssen.
Die Ergebnisse der über ein Jahr durchgeführten Versuche bildeten die Grundlage für die Entwicklung einer Technologie, die wiederum Ausgangspunkt für die Projektierung der Aufbereitungsanlage an der Talsperre Jastrebino war. Zur Technologie (Bild 4) gehören:

1. Voroxydation mit Ozon, 0,4...0,5 mg/l
2. Aluminiumsulfatflockung, 10...15 mg/l
3. Filtration über Schnellfilter Filtergeschwindigkeit 7,2 m/h
4. Ozonung der II. Stufe nach dem Sandfilter, 0,5...0,6 mg/l, Kontaktzeit 5 min
5. Adsorptionsfilter mit granulierter Aktivkohle, Filtergeschwindigkeit 7,2 m/h, Körnung 1...3 mm, Filterbetthöhe 1,20 m
6. Chlorung des gereinigten Wassers, Chlordosis 2...2,5 mg/l, Kontaktzeit 30 min, Restgehalt an aktivem Chlor 0,3...0,4 mg/l.

Mit dem Bau dieser Aufbereitungsanlage wurde bereits begonnen.
Das Kollektiv, das die Untersuchungen durchführte und die Technologie vorschlug, wird in den Bau und in die Inbetriebnahme der Anlage einbezogen.

Schlußfolgerungen

Aufgrund der durchgeführten Untersuchungen zur Nutzung von Aktivkohle in der Trinkwasseraufbereitung läßt sich feststellen, daß bei deren Anwendung in Bulgarien folgendes erwogen werden muß:

1. Soweit es die Technologie gestattet, ist pulverförmige Aktivkohle Karboryl-A (ein bulgarisches Produkt) zu nutzen, besonders bei nur zeitweise verschlechterter Wasserqualität.

2. Da die Regenerierung der granulierten Aktivkohle noch nicht möglich ist, sind Adsorptionsfilter nur in begründeten Fällen anzuwenden. Eine gründliche Reinigung des Wassers sollte den Aktivkohlefiltern vorgeschaltet werden.

3. Bei der Aufbereitung stark verunreinigter Oberflächenwässer für Trinkwasserzwecke, bei der eine Filtration über granulierte Aktivkohle erforderlich ist, müssen die vorangehenden Aufbereitungsschritte intensiviert werden:

- Verbesserung der Flockung durch höhere $Al_2(SO_4)_3$-Dosen bei niedrigen pH-Werten (5...6), um die gelösten natürlichen organischen Stoffe maximal zu entfernen; Anwendung von Flockungshilfsmitteln
- vorangehende Oxydation mit Ozon oder $KMnO_4$; Vermeidung einer Vorchlorung
- komplexer Einsatz von Ozon, und zwar zu Beginn, nach den Sandfiltern (zur Stimulation der biologischen Prozesse in der granulierten Aktivkohle) und als Desinfektionsmittel.

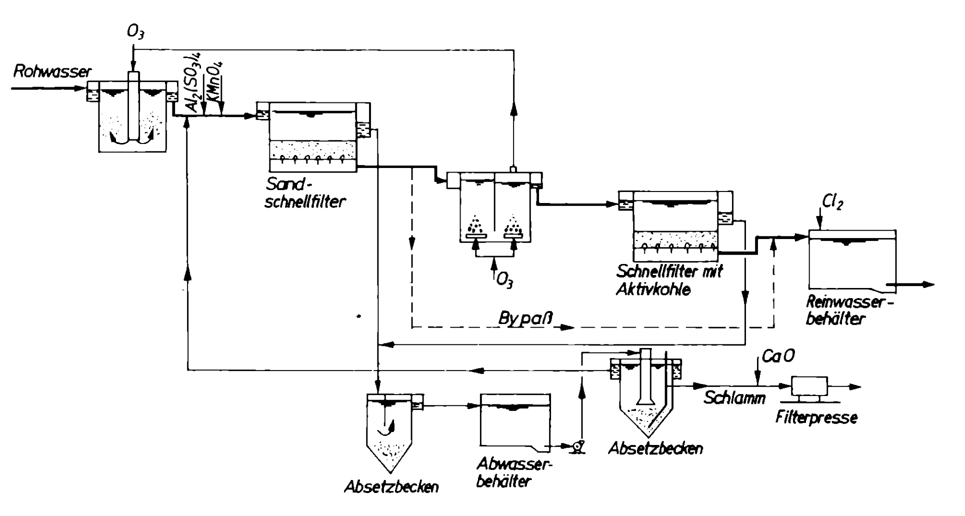


Bild 3 Aufbereitungstechnologie

Biologisches Meßgerät für Umweltschutz

Die Eigenschaft von Algen, bei Lichtbestrahlung zu fluoreszieren, nutzte das Institut für Wasserforschung GmbH Dortmund zur Entwicklung von zwei sehr empfindlich reagierenden Biotestverfahren zur kontinuierlichen Überwachung von Oberflächengewässern und Abwässern. Die Fluoreszenz der Algen ist eine Eigenschaft des Chlorophylls, mit dem die Pflanzen in der Photosynthese Licht in chemische Energie umsetzen. Da durch schädigende Umwelteinflüsse die Photosynthese und damit der Chlorophyllgehalt sinkt, zeigt eine veränderte Fluoreszenz belastende Schadstoffanreicherung an. Im Vergleich der ermittelten Werte mit vorliegenden Schadstoffskalen ist sogar eine Aussage über den Grad der Belastung möglich. (ADN)

Weiden- und Pappelanpflanzungen zur Uferbefestigung

Mit Weiden- und Pappelanpflanzungen zur Uferbefestigung von Gebirgsflüssen und -bächen wurden in Bulgarien sehr gute Erfahrungen gemacht. Sie erwiesen sich als weit widerstandsfähiger als bisher verbaute Betonschwellen. Zwei Grundeigenschaften machen die beiden Baumarten dafür besonders geeignet: ihr sich im Wasser schnell entwickelndes Wurzelsystem, das innerhalb ganz kurzer Zeit neuen Boden „bildet" und ihn festhält und ihre Elastizität oberhalb des Wasserspiegels. Es erwies sich, daß die jungen Bäume selbst stärkstem Angriff des strömenden Wassers standhalten.
Die Anpflanzungen erfolgten bereits auf 20 km Länge an der Pereschka in den Rhodopen, rund 700 Hektar konnten dadurch vor drohendem Abtrag geschützt, weitere 100 Hektar konnten vor Wasserschäden bewahrt werden. Derzeit werden auf diese Weise 33 km Ufer der Flüsse Bjala und Warbiza sowie mehrerer zwar kleiner, nach Regenfällen jedoch unberechenbarer Gebirgsflüsse, befestigt. (ADN)

Die Entfernung von Trihalomethan-Präkursoren mit Hilfe moderner Wasseraufbereitungsmethoden

Gekürzte Fassung eines Vortrages, gehalten auf der KDT-Tagung „Neue Technologien zur Trinkwasseraufbereitung", 2.–3.12.1987, Frankfurt (Oder)

Slawomir BILOZOR
Beitrag aus dem Forschungszentrum für Territorialplanung, Poznan

Das hier gekürzt wiedergegebene Referat wurde während der WHO-Konsultationen in Siofok (Ungarische VR), 15. bis 18. September 1987, gehalten.

Bei der Chlorierung von natürlichem Wasser entsteht eine Reihe von flüchtigen und festen halogenorganischen Verbindungen. Obwohl die Forschungen über ihre potentielle krebsbildende und mutagene Aktivität noch nicht abgeschlossen sind, sind diese Verbindungen als gesundheitsschädigend anzusehen. Unter den halogenorganischen Verbindungen, die man in gechlortem Wasser findet, haben die Trihalomethane (THM) die größte Bedeutung, man kann sie als Richtgröße für die Menge der entstehenden halogenorganischen Verbindungen betrachten /1/. In den Jahren 1982/83 wurden Untersuchungen über das Vorhandensein von THM im Trinkwasser der 36 größten Städte und Ballungszentren Polens durchgeführt, die von 63 Wasserwerken beliefert werden /2/. Die Untersuchungen ergaben, daß die vorhandene Menge von Chloroform in aufbereitetem Wasser in neun Fällen den Wert von 30 g/l, wie er von der WHO als zulässiger Wert eingestuft wird, überschritt. In zwei Fällen überschritt der THM-Wert 100 g/l, damit also die in den USA noch zulässige Konzentration dieser Verunreinigung /4/. Vor allem in diesen neun Orten sind Schritte zu unternehmen mit dem Ziel, die Konzentration von THM in aufbereitetem Wasser zu senken. In der Folge wurden die Möglichkeiten der Kontrolle entstehender THM-Mengen in diesen Betrieben geprüft /5, 6/ Überarbeitet wurden auch die Verfahrensweisen in einer Reihe modernisierter oder sich erst in der Projektierung befindlicher Objekte /7, 8, 9, 14/. Die Ergebnisse dieser Arbeit werden im folgenden zusammengefaßt. Eine gekürzte Zusammenstellung gibt Tabelle 1.

1. Zur Technik der Vorchlorierung

Experimente zur Modifizierung der Technik der Vorchlorierung zielten in zwei Richtungen. Simuliert wurde
- die Veränderung des Chlorierungspunktes
- die Verringerung der Chlordosis und/oder der Reaktionszeit.

Die Veränderung des Vorchlorierungspunktes hatte allenfalls geringen Einfluß (bis 30%) auf die Menge der sich bildenden THM, selbst dann, wenn das Chlor dem Wasser während oder nach der Koagulation beigefügt wurde /5, 6, 12/. Das bedeutet, daß die THM-Präkursoren auch dann mit Chlor reaktiv sind, wenn sie adsorbiert sind oder sich auf andere Weise mit den Hydrolyseprodukten des Koagulats verbinden. Ähnliche Ergebnisse gibt Sacks an /13/. Die Absonderung der beständigen Phase der Koagulationsprodukte vor der Chlorierung verringert das Entstehungspotential von Trihalomethanen (PTTHM) bedeutend, wie im Versuch /6, 5/ festgestellt wurde. Die Senkung der Chlordosis im Prozeß der Vorchlorierung (die Dosis basiert auf einem 30minütigen Chlorbedarf anstelle der Dosis für die Chlorierung bis zum Umschlagspunkt) senkte die Anzahl der sich bildenden THM ganz entscheidend, weil in diesem Fall im Stickstoffammonium enthaltenden Wasser Chloramine entstanden /7/ Erfolgt die Dechlorierung kurz nach der Vorchlorierung, verringert sich die Menge der entstehenden THM. Der Effekt war hier in hohem Maße von der Reaktionszeit abhängig. Die Verkürzung der Reaktionszeit von 180 auf 20 Minuten senkte die THM-Menge um 80...100% /5, 6/, in einem anderen Fall senkte die Verkürzung der Reaktionszeit von 290 auf 60 Minuten den THM-Wert um 60%.

2. Koagulation

Versuche im Labor zeigten, daß die Koagulation des Oberflächenwassers mit dem darauffolgenden Absondern des ausgefällten Bodensatzes vor der Chlorierung die THMFP auf 40% senkte /5, 6/ Die einstufige und zweistufige Koagulation bei gleichbleibenden Dosen blieb ohne Wirkung auf die THM nach der Chlorierung. Der technische Versuch wurde in einer großen Aufbereitungsstation durchgeführt, und es kann festgestellt werden, daß die Koagulation mit Aluminiumsulfat mit darauffolgender Sedimentation und Schnellfiltration den PTTHM-Wert um 60% senkte /9/. Die

Tabelle 1 Einfluß der verschiedenen Aufbereitungsmethoden oder ihrer Modifikationen auf die Entstehung von THM

Aufbereitungstechnik oder ihre Modifikation	Effekt
Veränderung des Chlorierungspunktes	ohne bzw. schwach
Veränderung der Chlorierung zum Umschlagspunkt bei 30minütigem Bedarf an Chlor	schwach
Dechlorierung	schwach bis deutlich, zeitabhängig
Koagulation	ohne
Voroxidation $KMnO_4$	ohne
Voroxidation ClO_2	deutlich
Voroxidation mit Ozon	deutlich
Sorption auf Aktivstaubkohle[1)]	ohne
Sorption auf gekörnter Aktivkohle[2)]	schwach bis deutlich

1) Carbopol Z-4 Kohlenelektrodenfabrik Raciborz
2) Aktivkohle „A"/Betrieb für Holz-Trockendestillation, Hajnow

Koagulation von stark gefärbtem Grundwasser (100...130° Pt) senkte die PTTHM um 90%, dennoch war die Menge der sich bildenden THM zu hoch /8/.
Generell betrachtet, ist der Einfluß des Koagulationsprozesses auf die Menge der sich bildenden THM zweifach bedingt. Einerseits durch die Senkung des Chlorbedarfs und in der Konsequenz durch die Verringerung der Chlordosen zur Desinfektion.

3. Alternative Oxydationsmittel

Als alternative Oxydationsmittel wurden Kaliumpermanganat, Chlordioxid und Ozon getestet. Die Oxidierung mit Hilfe von Kaliumpermanganat blieb ohne Einfluß auf PTTHM /6/. Die Voroxidierung mit Chlordioxid anstelle von Chlor bewirkte, daß THM überhaupt nicht oder nur in sehr kleinen Mengen entstanden /5, 6, 10/.
Die Ozonung senkte die sich im Ergebnis der Desinfektionschlorierung bildende Menge THM ganz deutlich /9/. Das resultiert sowohl aus der Eliminierung eines bedeutenden Teils der THM-Präkursoren, als auch aus der Senkung des 30minütigen Chlorbedarf. Es darf allerdings nicht übersehen werden, daß die Vorozonung in einigen Fällen den Chlorbedarf nur sehr unbedeutend senkt. Die völlige Eliminierung von PTTHM im Ergebnis einer Vorozonung mit anschließender Koagulation und Schnellfiltration wurde in einem Fall notiert /7/. Ozonung mit vorhergehender Vorchlorierung und Koagulation blieb ohne Wirkung auf die THM-Menge im aufbereiteten Wasser /14/.

4. Sorption

Sorption mit Staubaktivkohle und darauffolgender Chlorierung und Koagulation mit Aluminiumsulfat senkte die THM nicht /6/. Staubaktivkohle erwies sich auch als nicht effektiv bei der Beseitigung der THM, die sich im Ergebnis der Chlorierung bis zum Umschlagspunkt bilden /7/. In den USA durchgeführte Versuche zeigten große Schwankungen und schwache Effekte der verschiedenen Kohlensorten bei der Beseitigung der THM oder ihrer Präkursoren; diese Meinungen stehen in Übereinstimmung mit den Ergebnissen, wie sie in Polen erreicht wurden /15/. Bessere Effekte bei der Beseitigung von THM oder ihrer Präkursoren zeigte gekörnte Aktivkohle. Ein Pilotversuch ergab, daß die Sorption auf gekörnter Aktivkohle bei vorhergehender Vorchlorierung und Schnellfiltration es erlaubt, THM vollständig zu eliminieren /7/. De facto wurde das Ergebnis aber während der Versuche durch Sorption der THM und nicht ihrer Präkursoren erreicht.
Es ist jedoch bekannt, daß gekörnte Aktivkohle THM zwar effektiv beseitigt, die Aufnahmefähigkeit der Kohle aber im Verhältnis zu diesen Mikroverschmutzungen relativ gering ist /15/. Anzustreben ist es deshalb, die THM-Präkursoren aus dem Wasser zu entfernen; die Ergebnisse, die in einigen Wasseraufbereitungswerken Polens erreicht wurden, deuten auf die Möglichkeit einer fast vollständigen Liquidierung der PTTHM hin /5, 6, 7/. Die Sorption mit vorhergehender Koagulation und Ozonung war weniger effektiv als wenn die Ozonung vor der Koagulation stattfand /9/. Bei der Aufbereitung von gefärbtem Grundwasser liquidierte die Koagulation mit darauffolgender Sorption auf gekörnter Aktivkohle THM vollständig aus nach der Aufbereitung gechlortem Wasser /8/.

5. Zusammenfassung

Das Problem des Vorhandenseins von THM im Trinkwasser wird in Polen als sehr wichtig angesehen. Obwohl bisher die maximal zulässigen Konzentrationen dieser Verunreinigungen im Trinkwasser noch nicht festgestellt worden sind, so werden doch bei den Forschungsarbeiten und Vorprojektstudien allgemein die Empfehlungen der WHO zugrunde gelegt, die die noch zulässige Konzentration von Chloroform mit 30 g/l ansetzt. Es werden weitgehende Forschungsarbeiten über den Nutzen einer breiten Skala von Einzelprozessen zur Kontrolle der THM-Menge in bestehenden Wasseraufbereitungsanlagen und auch in Objekten durchgeführt, die sich noch in der Projektierungsphase oder im Bau befinden.

Literatur

/1/ *Reckhow, D. A.; Singer, P. C.*: The Removal of Organic Halide Precursors by Preozonation and Alum Coagulation. Journal AWWA, 4 (1984) S. 151–157
/2/ *Biłozor, S.; Wisniewski, P.*: Triaholomethane in den größten Wasseraufbereitungssystemen Polens. Gas, Wasser, Sanitärtechnik, 10–11 (1986) S. 195–197
/3/ *Gorchew, G. H.; Ozolins, G.*: WHO Guideless for Drinking-Water Quality. International Water Supply Congress, Zurich, 1982
/4/ Interim Primary Drinking Water Regulations: Control of Organic Contaminants in Drinking Water. Fred. Register, 43:5756 (1978)
/5/ *Biłozor, S.*: Untersuchungen über die Reduzierung von Trihalomethanen im Trinkwasser. Umweltschutz (1985) S. 35–38
/6/ *Biłozor, S.*: Investigations on trihalomethane control in some waterworks in Poland. Procesdings of the International Conference "Modern Methods of Water Treatment" Pribram 2–4, September, (1986) S. 233–246
/7/ *Raczyk-Stanisławiak, U.; Radke, P.*: Technologische Untersuchungen zur Erarbeitung von Technologien zur Aufbereitung des Wassers der Warta für ZPM H. Cegielski in Bolechow. IGPiK Poznań (1985), Nichtpublizierter Bericht
/8/ *Radke, P.; Raczyk-Stanisławiak, U.*: Untersuchungen zur Festlegung einer Wasseraufbereitungstechnologie aus dem Becken „Studzienic" in Tarnobrzeg. IGPiK Poznan (1985), Nichtpublizierter Bericht
/9/ *Sozanska, Z.; Sobczynski, T.*: Konzeption für die Wasserozonung in der Aufbereitungsstation Zwieczyca I und II für die Stadt Rzeszow. IGPiK Poznań (1987), Nichtpublizierter Bericht
/10/ *Biłozor, S.; Wisniewski, P.*: Das Auftreten von chlororanischen Verbindungen im Trinkwasser der größten Ballungszentren Polens sowie Möglichkeiten zur Einschränkung ihrer Menge. Rapport von der III. Etappe der Untersuchungen 03.08001.01. IGPiK Poznan (1985), Nichtpublizierter Bericht
/11/ PN-81/C-04549.01. Wasser und Abwasser. Untersuchungen über das Vorhandensein von Chlorkohlenwasserstoffderivaten.
/12/ *Biłozor, S., Michalska, G.*. Technologische Untersuchungen über den Einfluß der Vorchlorierung auf die Herausbildung von Haloformen im Wasserwerk für die Stadt Mielec. IGPiK Poznan (1985), Nichtpublizierter Bericht
/13/ *Sacks, R. S.*: Ann Arbor Controls Trihalomethanes. Journal AWWA 7 (1984) S. 105–108
/14/ *Wisniewski, P.; Raczyk-Stanisławiak, U.*: Erarbeitung einer Konzeption zur Modernisierung der Wasseraufbereitung im SUW Drweco für die Stadt Torun. IGPiK Poznan (1986), Nichtpublizierter Bericht
/15/ *Symons, J. M.*: Utilization of Various Treatment Unit Processes and Modifications for Trihalomethane Control. Proceedings–Control of Organic Chemical Contaminants in Drinking Water. DWRD US EPA, Cincinnati, Ohio/January (1980)

Bedeutender Schritt für die Sauberkeit des Mittelmeers – weltgrößte Kläranlage in Marseille eingeweiht

Seit Anfang November 1987 verfügt die südfranzösische Millionenstadt Marseille über eine Kläranlage, die als derzeit größte ihrer Art in der Welt gilt. Die Anlage ist unterirdisch inmitten des Stadtgebiets gebaut worden. In elf Metern Tiefe unter dem Delort-Stadion erstreckt sie sich in 260 Meter Länge und 110 Meter Breite. 500000 Kubikmeter Erde wurden bewegt, 65000 Kubikmeter Beton und 4000 Tonnen Stahl eingebaut.

An der ehemaligen Baustelle deutet heute absolut nichts mehr auf eine Kläranlage hin. Wo vor einigen Monaten noch Baukräne quietschten und schwere Betontransporter sich reihenweise ihrer Last entledigten, ist heute wieder ein tribünenumsäumtes Stadion mit Rasen und Laufbahn für die Leichtathleten. Jegliche Geruchsbelästigung wird durch die Wahl eines physikalisch-chemischen Verfahrens der Abwasserreinigung vermieden. Mit dem kombinierten Verfahren werden etwa 80% aller Verunreinigungen aus dem Abwasser entfernt. Erste Arbeitsstufe der Anlage ist die Aussonderung von festen Stoffen und von Öl. Der Klärschlamm wird abtransportiert und in einer anderen Fabrik zu Kompost verarbeitet, nachdem eine Reihe von Schadstoffen herausgefiltert wurde.

Erst vor einigen Jahrzehnten war am immer schmutziger werdenden Strand von Marseille wie auch an anderen Gestaden des Mittelmeeres die Alarmglocke gezogen worden.
Noch 100 Jahre zurück galten die Marseiller als Vorreiter auf dem Gebiet der städtischen Hygiene, besaßen sie doch als erste in Frankreich ein stadtumfassendes Abwassersammelsystem, das die schmutzigen Abwässer der Haushalte, Straßen, Werkstätten und Fabriken – nach einer Grobfilterung – in das Mittelmeer leitete. Das Meer ist groß und besiegt auch den Schmutz, sagte man damals und noch lange Zeit später.

In Marseille gibt es allerdings nicht nur Zustimmung zu dem technischen Wunderwerk unter dem Delort-Stadion. Immerhin werden die jährlichen Betriebskosten auf nicht weniger als 50 Mill. Francs (etwa 15 Mill. Mark) geschätzt. Einige Kritiker äußern die Meinung, daß Marseille nicht unbedingt die größte Kläranlage der Welt gebraucht hätte. Ein Großteil der städtischen Abwässer hätten mit einfacheren Mitteln geklärt werden können. Das aber ist eine Diskussion, die vielen französischen Bürgermeistern nur Kopfschütteln abnötigt, fließen doch – wie Thierry Chambolle, Fachdirektor im Pariser Umweltministerium erst kürzlich feststellte – nach wie vor zwei Drittel aller Abwässer der französischen Haushalte vollkommen ungereinigt in die Gewässer des Landes. Frankreich sei im Vergleich zu anderen europäischen Ländern im Rückstand und müßte sich anstrengen, diesen aufzuholen. Marseille habe einen wichtigen Schritt dazu getan, andere große Kläranlagen an der Cote d'azur sollen in nicht allzuferner Zukunft folgen. (ADN)

Die Behandlung von Rohwasserschlämmen in kontinuierlich arbeitenden Anlagen des Wasserwerkes der Stadt Riga

Gekürzte Fassung eines Vortrages, gehalten auf der KDT-Tagung „Neue Technologien zur Trinkwasseraufbereitung", 2.–3. 12. 1987, Frankfurt/Oder

Dipl.-Ing. Albert Janowitsch AUSINSCH
Stellvertreter des Ministers für Kommunalwirtschaft der Lettischen SSR

Für die moderne Technologie der chemischen Aufbereitung von Trink- und Brauchwasser sind flüssige Abfälle charakteristisch, die, werden sie unbehandelt in Oberflächengewässer eingeleitet, die Umwelt belasten.
Wegen des hohen Wassergehalts und der schlechten Entwässerbarkeit der Hydroxidschlämme ist ihre Behandlung arbeits- und materialaufwendig. Unter der Schlammbehandlung ist die Entwässerung des Schlamms und die nachfolgende Verwertung der sich dabei bildenden flüssigen und festen Phasen zu verstehen. Die Entwässerung kann auf natürlichem oder künstlichem Wege erfolgen.

Natürliche Verfahren zur Schlammentwässerung

Von den natürlichen Verfahren wird die Behandlung des Schlamms auf Schlammtrokkenplätzen und in Teichen bzw. Speichern am häufigsten praktiziert. Auf den Trockenplätzen wird der Schlamm durch das Gefrieren in der Winterperiode und das Auftauen im Sommer entwässert, die feste Phase des Schlammes fällt aus und das geklärte Wasser kann in den Vorfluter geleitet werden. Mit diesem nur scheinbar einfachen Verfahren sind jedoch verbunden:

- relativ hohe Kosten
- hoher Platzbedarf
- hohe Amortisationsabzüge
- komplizierte Technologie
- die Schlämme werden nicht wirtschaftlich genutzt
- nur die oberen Schlammschichten gefrieren.

Die Nutzung von Teichen als Speicher ist eine akzeptable Lösung für Schlammwasser mit starker Trübung.

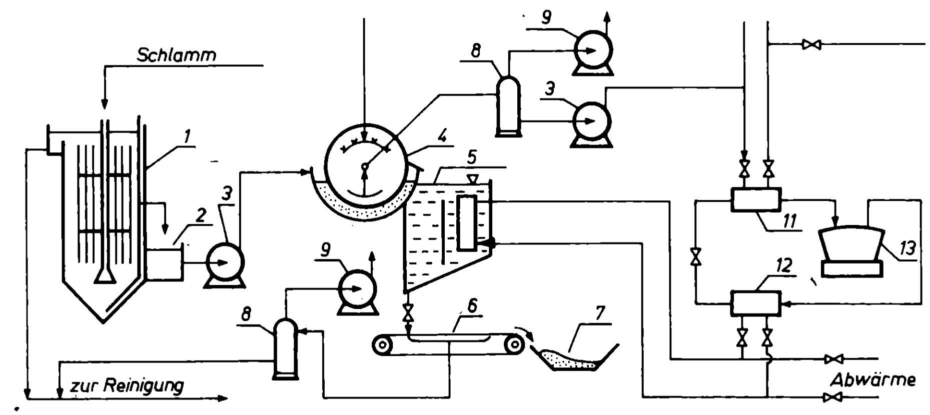


Bild 1 Schlammbehandlung mittels natürlicher Kälte auf Trommelkristallisatoren
1 – Schlammeindicker, 2 – Behälter für verdichteten Schlamm, 3 – Pumpe, 4 – Kristallisatoren, 5 – Schmelzer, 6 – Vakuumfilter, 7 – Behälter für Trockenschlamm, 8 – Kondensatbehälter, 9 – Vakuumpumpe, 10 – Gradierwerk, 11 – Verdampfer, 12 – Kondensator, 13 – Verdichter

Künstliche Verfahren zur Schlammentwässerung

Von den künstlichen Verfahren wird die Vakuumfiltration und das Filterpressen am häufigsten angewandt. Beide dienen hauptsächlich der Entwässerung von Mineral- oder künstlich mineralisierten Schlämmen geringerer bis mittlerer Färbung. Möglich ist die saure und alkalische Behandlung, die die Regenerierung und wiederholte Verwendung des Koagulanten gewährleistet. Komplizierter dagegen ist es, organische Kolloidschlämme zu entwässern. Das Filterpressen erfordert hohe Dosen an Reagenzien und Zusatzstoffen. Bei der sauren Behandlung entsteht ein Koagulant, der durch die sich in der Säure lösenden organischen Bestandteile verunreinigt ist. In Großbritannien wurde 1940 ein Verfahren des künstlichen Gefrierens und Auftauens mittels Wärmetauschern entwickelt, das sich physikalisch-chemisch nicht von dem natürlichen Ausfrieren unterscheidet. Das Gefrieren und Auftauen ist ein zyklischer Prozeß, in dem die Verdunstungskälte und die bei der Kondensation entstehende Wärme genutzt wird. Dieses Verfahren ist in Japan relativ weit verbreitet, dort wird es z.Z. in mehr als 50 Wasseraufbereitungsstationen für eine Kapazität bis zu 400000 m^3/d angewendet. Die behandelte Schlammenge erreicht 72 t/d. In allen Anwendungsfällen dieses Verfahrens gefriert der Schlamm in einer periodisch arbeitenden Anlage. Wärmetauscherelemente entziehen dem Schlamm Wärmeenergie bzw. führen sie ihm wieder zu. Der eingelassene Schlamm wird vollständig gefroren und danach aufgetaut. Nach dem Auftauen wird der Schlamm aus der Anlage geleitet und entwässert.
Die englischen und japanischen Anlagen sind mit komplizierten Steuerungssystemen ausgestattet, die in den Wärmetauscherelementen periodisch das notwendige Temperaturregime schaffen.
Die Anlagen sind gegen die Druckkräfte, die der sich beim Gefrieren ausdehnende Schlamm entwickelt, geschützt.
Beim Betrieb der Anlage entstehen Energieverluste durch das periodische Abkühlen und Erwärmen der Metallkonstruktionen. Außer-

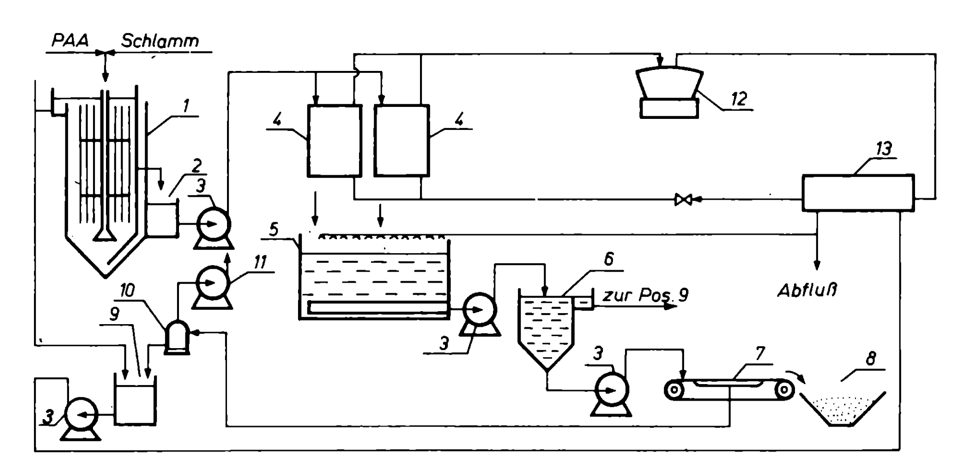


Bild 2 Schlammbehandlung auf Rotorkristallisatoren im Wasserwerk „Daugawa" der Stadt Riga
1 – Schlammverdichter, 2 – Behälter für verdichteten Schlamm, 3 – Pumpe, 4 – Rotorkristallisator, 5 – Schmelzer, 6 – Absetzbecken, 7 – Vakuumfilter, 8 – Behälter für Trockenschlamm, 9 – Sammler für geklärtes Wasser, 10 – Kondensatbehälter, 11 – Vakuumpumpe, 12 – Verdichter der Kälteanlage, 13 – Kondensator

dem beeinflussen die unterschiedlichen Temperaturbelastungen die Festigkeitseigenschaften der Anlage negativ.
Das Forschungsinstitut für kommunale Wasserversorgung und Abwasserreinigung der Akademie der Kommunalwirtschaft Pamfilow in Moskau hatte in großem Umfang Forschungsarbeiten *(W. M. Ljubarski, A. J. Federow)* zur Bestimmung des Einflusses niedriger Temperaturen auf die Kolloidstruktur der Schlämme durchgeführt. Es wurde festgestellt, daß das dünnschichtige Gefrieren von Schlämmen auf ständig arbeitenden Trommeln und rotierenden Kristallisatoren zweckmäßig ist. Die gefundene Lösung zeichnet sich durch niedrigen Materialverbrauch, verringerten Energieaufwand zum Abkühlen und Erwärmen sowie durch eine hohe Produktivität aus.

Die Wasseraufbereitungsanlage „Daugawa" des Wasserversorgungssystems der Stadt Riga

Die Kapazität der Anlage beträgt 220000 m^3/d. Als Chemikalien werden Chlor, Aluminiumsulfat und Polyakrylamid verwendet. Quellen für die Schlammbildung (Wassergehalt 99,5%) sind die Schlammwässer aus den Absetzbecken und die Spülwässer aus den Filtern, die in Sammelbecken gelangen. Der Wassergehalt beträgt nach der Verdichtung 95%, die Färbung liegt zwischen 50 und 135°, die Trübe beträgt −0,9...1,8.
Die durchschnittliche jährliche Dosis an Aluminiumsulfat als reines und wasserfreies Salz beträgt 50 mg/l, es werden 50% gereinigtes und 50% ungereinigtes Reagens verwendet. Die organischen Stoffe im Schlamm der Wasseraufbereitungsanlagen erreichen einen Anteil bis zu 60%.
Unter Beachtung des oben Gesagten und nach dem Vergleich der verschiedenen Verfahren kamen wir zu dem Schluß, daß die besten technisch-ökonomischen Effekte durch künstliches Gefrieren und Auftauen in ständig arbeitenden Anlagen mit rotierenden Kristallisatoren erzielt werden. Für die praktische Einführung werden Versuchspartien von Wärmeaustauscheraggregaten des vertikalen (Rotor-) Typs hergestellt.
Der Probebetrieb der Wasseraufbereitungsanlage „Daugawa" hat begonnen.
In den Eindickern wird der Schlamm unter langsamem Vermischen von 99% auf 95% verdichtet. Der verdichtete Schlamm wird als Paste auf die Eisgeneratoren gepumpt. Der Eisgenerator besteht aus zwei ineinander gesetzten, sich vertikal bewegenden Zylindern mit an der Stirn angeschweißten Flanschen. Die Zylinder werden aus nichtrostendem Stahl gefertigt. In den Raum zwischen den Zylindern wird flüssiger Ammoniak gegeben. Die Abkühlung erfolgt beim Sieden des Kältemittels unmittelbar hinter der Wärmeaustauscherwand. Die sich beim Sieden bildenden Ammoniakdämpfe werden durch dem Kompressor angesaugt. Der Schlamm wird kontinuierlich in Schichtdicken von 3...5 mm auf die Arbeitsoberfläche der Zylinder gespritzt. Nach dem Gefrieren wird der Schlamm von der Wärmeaustauschoberfläche abgeschert. Der Schlamm schmilzt im unmittelbaren Kontakt mit dem warmen Wasser, das aus dem Kondensator der Kältemaschine zufließt. Nach dem Auftauen wird der Schlamm mechanisch entwässert. Die Schichten sind vollständig durchgefroren, wenn weiteres Gefrieren die Wasserabgabe praktisch nicht verbessert. Die Intensität des Schlammgefrierens ist direkt proportional dem Temperaturabfall und umgekehrt proportional dem thermischen Widerstand des Wärmeaustauschers. Indem die Temperatur der Wand verändert wird, kann man die Größe des spezifischen Wärmestromes in beliebiger Richtung ändern (4...7 kW/m^2).
Im Ergebnis des Gefrierens und Auftauens wird die kolloide Struktur des Schlamms zerstört, der Schlamm kann effektiv entwässert werden. Durch die Entwässerung mit Vakuumfiltern erreicht der Wassergehalt 70% (der Schlamm ist leicht transportierbar), mit der Filterpresse kann der Wassergehalt auf etwa 60% gesenkt werden.

Schlußfolgerungen

Die Erfahrung bestätigt, daß das beschriebene Verfahren in Gebieten mit feuchtem Meeresklima (mittlere Jahrestemperatur um 0°) die effektivste Lösung darstellt, besonders für schwer entwässerbare Schlämme mit geringer Trübung und starker Färbung. Der Vorzug des Verfahrens ist die Möglichkeit, diese Schlämme ohne chemische Flockungsmittel zu behandeln. Der entwässerte Schlamm nähert sich mit seinen Kennziffern denen des natürlichen Bodens. Der Prozeß kann voll automatisiert werden und entspricht den Forderungen des Umweltschutzes.

In der Zeit vom 13. Juni bis 16. Juni 1989 veranstalten der VEB Spezialbaukombinat Wasserbau Weimar, die Hochschule für Architektur und Bauwesen Weimar und das DDR-Komitee für große Talsperren die

6. Wissenschaftliche Fachtagung Talsperrenbau und Rohrleitungsbau.

Ingenieure, Wissenschaftler und Ökonomen aus dem In- und Ausland referieren zu folgenden Themen:
- Schutz von Talsperren und Rohrleitungen gegen innere und äußere Störgrößen
- Alterung und Verschleiß von Talsperren und Rohrleitungen
- Technische Diagnostik im Talsperren- und Rohrleitungsbau
- Verfahren der Talsperren- und Rohrleitungssanierung
- Zuverlässigkeit im Talsperren- und Rohrleitungsbau
- Entwurfskonzepte für sanierungsgerechte Talsperren und Rohrleitungen
- Unterirdischer Vortrieb bei der Rekonstruktion von Rohrleitungen

In Ergänzung zu den Vorträgen finden Exkursionen zu Baustellen von Talsperren und Rohrleitungen sowie zu fertiggestellten Bauwerken statt.

Anmeldungen unter dem Kennwort
"6. Fachtagung Talsperrenbau und Rohrleitungsbau 1989" sind unter Angabe von Name, Funktion und Adresse zu richten an:
VEB Spezialbaukombinat Wasserbau, Tagungsbüro
Rießnerstr. 20, Weimar, DDR - 5300

3. Zingster Seminar „Hydronumerik"

Zum dritten Mal seit 1983 trafen sich im Maritimen Observatorium Zingst der Karl-Marx-Universität Leipzig in der Zeit vom 28. bis 30. Oktober 1987 Vertreter zehn verschiedener Praxis- und Forschungseinrichtungen der DDR zum Erfahrungsaustausch über die hydrodynamisch-numerische Modellierung von Oberflächengewässern. Schwerpunkt war diesmal die dreidimensionale Strömungssimulation, der drei Hauptvorträge gewidmet waren:

Der Beitrag von *Müller, Kleine* und *Baumert* aus dem Institut für Mathematik der AdW und dem Institut für Wasserwirtschaft behandelte den dreidimensionalen Wärmetransport im Greifswalder Bodden auf der Basis der instationären Reynoldsgleichung, wobei der Algorithmus von Backhaus genutzt wurde.

Der Beitrag von *Prochnow* und *Bungartz* aus dem Institut für Geographie und Geoökologie der AdW war der Berechnung stationärer Lösungen dreidimensionaler Strömungsabläufe gewidmet, basierend auf dem Algorithmus von Chorin.

Der Vortrag von *Zahn* aus dem Institut für Meereskunde der AdW behandelte die Aufgabe, bei dreidimensional vorgegebenem Dichtefeld und an den Rändern des behandelten Seegebietes geostrophisch vorgegebener Strömung die Geschwindigkeitsfelder im Inneren zu bestimmen.

Die Beiträge verdeutlichen, daß sehr verschiedene Lösungsvarianten für dreidimensionale Probleme möglich sind, und daß jeweils unterschiedliche Problemaspekte mehr oder weniger gut approximiert werden.

Eine weitere Vortragsgruppe war Sedimentationsfragen gewidmet (*Schönfeld*/Maritimes Obs. Zingst, *Kozerski*/Institut für Geographie und Geoökologie, *Lampe*/Universität Greifswald).

Darüber hinaus wurde zu folgenden Problemen referiert:
Hydrodynamisch-numerische Probleme beim Schutz vor Umweltkatastrophen (*Baumert*/Institut für Wasserwirtschaft)
Vergleich hydrodynamisch-numerischer Simulationsergebnisse mit Experiment-Daten (*Raabe*/K.-M.-Universität Leipzig)
Einsatz von Personalcomputern bei der Extrapolation geophysikalischer Zeitreihen (*Zahn*/Institut für Meereskunde der AdW).

Die Diskussion der Einzelbeiträge brachte übereinstimmend zum Ausdruck, daß die überbetriebliche Arbeitsgemeinschaft „Hydronumerik" wichtige Funktionen im nationalen Erfahrungsaustausch erfüllt, die besonders dann in Praxiseffekte umschlagen, wenn fortschrittliche CAD/CAM-Arbeitsstationen auf der Basis der 32-Bit-Technik genutzt werden. Die Tätigkeit der AG wurde als spezieller Beitrag zur Umsetzung der Wissenschaftsstrategie des XI. Parteitages der SED gewertet.

Dr. H. *Baumert*
Dr. A. *Raabe*

Biomonitoring – kontinuierliche Gewässerüberwachung mit dem Fischtestgerät AFT 1

Dipl.-Biol. Uwe RASCHEWSKI; Dipl.-Chem. Martina BABOROWSKI
Beitrag aus der Wasserwirtschaftsdirektion Untere Elbe

Die Bioakkumulation von Schadstoffen in der aquatischen Nahrungskette kann zur chronischen Schädigung einzelner Glieder, besonders von Fischen als Endkonsumenten, führen /1/. Die kontinuierliche Erfassung sämtlicher möglicher Schadstoffe durch die zum speziellen Substanznachweis unerläßliche chemische Analyse ist in absehbarer Zeit nicht realisierbar.
Toxikologische Einzeltests von Schadstoffen und Abwässern erlauben eine Bewertung anhand der LC 50 (Konzentration für 50%ige Todesrate nach 24 bis 96 Stunden). Diskontinuierliche Probenahme und Zeitumfang dieser Tests dienen daher nicht einer rechtzeitigen Havarieerfassung in unseren Fließgewässern.
Traditionelle, durchflußbezogene Bioindikationsverfahren, so der Warntest /2/, der Forellentest /3/ sowie das in /4/ vorgestellte Fischtestgerät arbeiten mit der gestörten Rheotaxis (≙ Standortfixierung in einer gerichteten Strömung). Sie sind mit einigen Unzulänglichkeiten behaftet:

- Erkennen der Schadstoffwirkung erst nach Verlust der Schwimmfähigkeit der Fische, dadurch Zeitverzögerung für Probenahmezeitpunkt und Verursacherermittlung.
- Spezifische frühzeitige Verhaltensreaktionen der Fische (erhöhte Schwimmaktivität, Fluchtverhalten) werden nicht erfaßt.

Ausgehend von dieser Situation und der Forderung nach einem industriell zu fertigenden Bioindikationsgerät entwickelten die ehemalige Außenstelle des Instituts für Wasserwirtschaft in Magdeburg und der VEB Meliorationsmechanisierung Dannenwalde ein automatisch arbeitendes Fischtestgerät.
Entscheidende Vorteile dieses Gerätes sind:
1. Frühes Erfassen akut toxischer Verbindungen schon durch geringfügig veränderte Reaktionen der Fische (Frühunruhe-Bewegungsaktivität, Fluchtreflex) mittels eines räumlich variabel gestaltbaren Infrarot-Lichtschrankensystems.
2. Automatische Registrierung und Auswertung der Lichtschrankenimpulse in einem Elektronikbaustein, Aufzeichnung von Verhaltensänderungen der Fische mittels Fallbügelpunktschreiber.
3. Automatisierte temperaturbezogene Grenzwertvorgabe sowie optimale Aufarbeitung der Lichtschrankenimpulse durch verbesserte Software.
4. Frei wählbare Grenzwertvorgabe (Alarmschwelle) für Bewegungsaktivität und Fluchtverhalten.
5. Ereignisbezogene Wasserprobenahme ohne Zeitverlust zwischen Auftreten und Erfassen des Schadens (durch Kopplung mit WPG-stationär).

Der automatische Fischtest als kontinuierlich arbeitendes biologisch/physikalisches Betriebsmeßverfahren ergänzt herkömmliche biologische Verfahren der ökologischen Gewässeranalyse (Saprobiensystem, Artenfehlbetrag), indem es ausgesprochen kurzfristig auf fischtoxische Umweltfaktoren reagiert.
Fische eignen sich deshalb gut als Testorganismen, da Gesundheitszustand sowie Zusammensetzung des Fischbestandes ein sicheres, relativ gut erkennbares Bild vom Verschmutzungsgrad der Gewässer liefern und eine Empfindlichkeit gegenüber vielen humantoxischen Stoffen besteht /5/.

Einsatzmöglichkeiten

Das Fischtestgerät wird als kompakte Einheit für den Durchlaufbetrieb am Gewässer (feste Bauhülle erforderlich) oder für den Kreislaufbetrieb im Labor geliefert. Es ergeben sich folgende Einsatzmöglichkeiten:

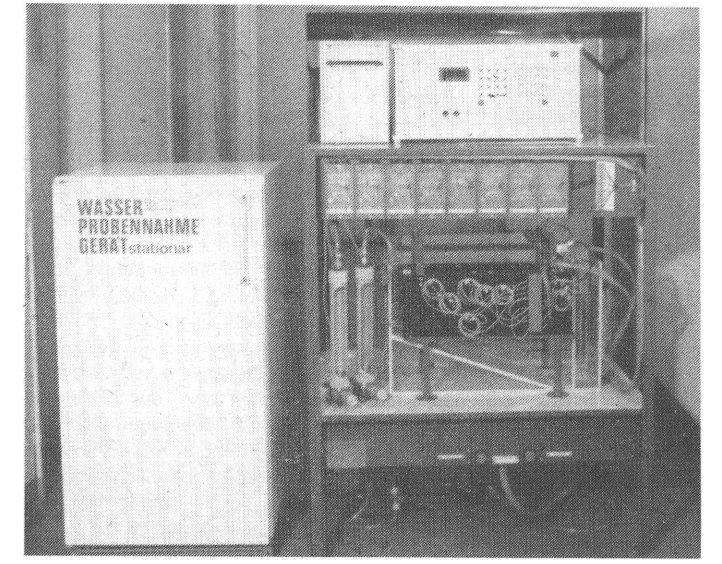


Bild 1
Fischtestgerät AFT 1

- in *automatischen Meßstationen* der Wasserwirtschaft Probenahme im Warnfall (Verursachernachweis) durch Kopplung mit dem automatischen Wasserprobenahmegerät Typ WPG-stationär.
- ggf. Verdünnung der Wasserprobe mit Trinkwasser
- Datenfernübertragung möglich
- in der Binnenfischerei zur Senkung schadstoffbedingter Verluste durch Kontrolle des Zulaufwassers von Oberflächengewässern
- rohwasserseitige Trinkwasserüberwachung
- Schadstoffuntersuchungen im Labor: Vergleiche mit dem LC 50-Test, Vorversuche mit potentiellen Schadstoffen zur Ermittlung spezifischer Reaktionszeiten bis zum Warnsignal.

Testprinzip

Die Auswirkung von Wasserinhaltsstoffen in Abhängigkeit von ihrer Dosis, Expositionszeit und komplexer Wechselbeziehungen auf das Bewegungsverhalten einer Gruppe von Goldorfen (Leucistus idus melanotus) dient als Bewertungskriterium für fischtoxische Verbindungen im Wasser. IR-Wechsellichtschranken registrieren sowohl die Bewegungsaktivität als auch Fluchtreaktion und tote Fische am Beckenüberlauf. Im größeren Vorderabschnitt des Beckens charakterisieren 6 Lichtschranken (Bild 2) die Bewegungsaktivität.
Bei Über- bzw. Unterschreitung vorgewählter Grenzwerte (Impulszahl pro Zeiteinheit) können bereits reversible Schädigungen im subletalen Bereich erfaßt werden.
Die Variabilität zeitlicher Bezugsgrößen für die Impulsverarbeitung (Kurzzeiteinzelwert, Mittelwert) im Meßprogramm sowie die frei wählbare Lichtschrankenanordnung erlauben eine Anpassung an temperaturbedingte und schadstoffspezifische Besonderheiten des Schwimmverhaltens der Tiere. Der mit einem elektrischen Fischabweiser ausgestattete Kontrollraum im hinteren Beckenabschnitt (Bild 2) wird separat von 2 Lichtschranken überwacht.
Infolge der vermuteten Fähigkeit der Fische, bestimmte Schadstoffe über Geschmacks- und Geruchsreize wahrzunehmen, kann eine Fluchtreaktion sehr frühzeitig ausgelöst werden /6/. Die Alarmmeldung erfolgt dann, bevor der Giftstoff in den Körper eintritt, stoffwechselwirksam wird und abnorme Schwimmbewegungen (Taumeln, Schnappatmung) auslöst.

Gerätetechnik

Die funktionellen Einheiten wie
- Pumpen zur Wasserförderung/Belüftung
- Test-/Adaptionsbecken mit Beleuchtung
- Elektronikbaustein/Registriervorrichtung

sind in mehreren Ebenen eines Geräteträgers

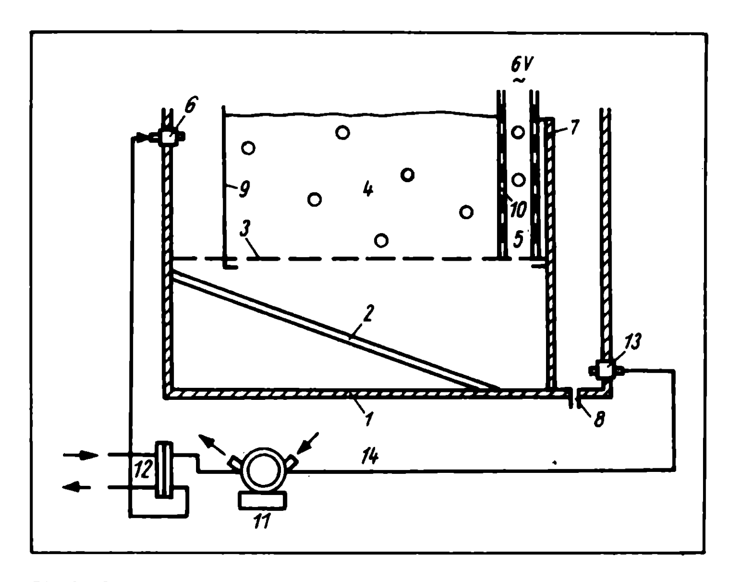


Bild 2 Schematische Darstellung des Testbeckens
1 – Durchflußbecken, 2 – Beckenboden mit Gefälle, 3 – perforierte Zwischenplatte, 4 – Testraum mit Lichtschranken, 5 – Kontrollbereich Fischabweiser mit Lichtschranken, 6 – Misch- und Dosiervorrichtung des Beckenzulaufs, 7 – Überlaufwand, 8 – Bodenablaß, 9 – perforierte Einlaufplatte, 10 – Elektroden, 11 – Laborumwälzpumpe, 12 – Wärmeaustauscher, 13 – Ablaufarmatur, 14 – Schlauchleitungen

übereinander angeordnet. Eine Armatur zur Aufnahme der Meßfühler für chemisch-physikalische Parameter (Temperatur, *p*H, O_2) am Testbeckenzulauf schafft die Voraussetzungen für eine fundierte Bewertung der Verhaltensreaktionen der Fische. Entsprechend der vorgesehenen Anwendungsgebiete wird die Anlage in Blockbauweise als auf- und abrüstbares Gerät bereitgestellt. So ermöglichen zwei dem Testbecken vorgeschaltete Durchflußmesser die Einstellung der erforderlichen Volumenströme zur Einhaltung des ermittelten Verdünnungsfaktors im Falle einer geplanten Abwassereinleiterkontrolle. Plattenkühler sorgen für einen Wärmeaustausch zwischen Test- und Adaptionsbecken sowie Kühlung im Laborbetrieb.
Die Seitenwände des Trägers bestehen aus abnehmbaren Platten. Die Einhausung der Elektronikeinheit bietet Schutz vor Staub. Visuelle Kontrolle beider Becken ist bei vollständiger Verkleidung über ein Sichtfenster möglich. Das automatische Probenahmegerät kann bei Bedarf angeschlossen werden.

Testbedingungen

Um ständig Testgut von einem zentralen Produzenten, dessen Bestand fischgesundheitlich überwacht wird, beziehen zu können, und in Anlehnung an die DIN-Vorschriften /7/ wurden Goldorfen (Leuciscus idus melanotus) als Testorganismen ausgewählt. Bezüglich der Giftempfindlichkeit kann die Fischart mit Forellen verglichen werden /2/.
Aufgrund der Abhängigkeit des Bewegungsverhaltens der Fische von vielen biologischen Faktoren (Art, Alter, Größe, Anzahl, Ernährungszustand, Gruppenverhalten, Tag-, Nacht- und Jahresschwankungen) sowie von physikalischen Größen (Strömungsverhältnisse, Beleuchtungsdauer, Fischabweiserspannung, Beckengröße) ist die Beachtung vorgesehener Randbedingungen ausschlaggebend für einen erfolgreichen Einsatz des Gerätes und die Reproduzierbarkeit der Ergebnisse.
Maßgeblichen Einfluß auf Stoffwechsel- und Bewegungsintensität hat die Temperatur, die bei der Einstellung der Grenzwerte berücksichtigt werden muß.
Es sind folgende Randbedingungen zu beachten:

- Einsatz gesunder, parasitenfreier Fische, 6...10 cm Totallänge, 6 Tiere pro Test
- Adaptionszeit: ≧ 48 h
- Einsatzzeit: 1 Woche (ohne Fütterung)
- Fischabweiserspannung: 6 V ~ (regelbar)
- O_2-Gehalt = 5 mg/l O_2
- Einsatztemperaturbereich: 5...25 °C
- Vorzugstemperaturbereich: 10...20 °C
- Volumenstrom: 100...120 l/h
- Beleuchtung: 2× 15 Watt Glühlampen
- Beleuchtungszeit (relaisgesteuert) 6...18.00 Uhr
- Wiederverwendung der Fische nach 8wöchiger Erholungsphase, sofern keine Todesfälle oder Erkrankungen in der Gruppe auftraten
- Fütterung: nur während der Vorratshaltung 2tägig 0,5–1 % des Körpergewichtes an Trockenfutter

Wartungsaufwand

Für die Fischfütterung sowie für die Reinigung der Vorratsbehälter (für etwa 100 Fische) und Testbecken müssen 2 bis 4 Stunden wöchentlich eingeplant werden. Vor der Fütterung sind Kotpellets, nach der Fütterung Futterreste abzusaugen.

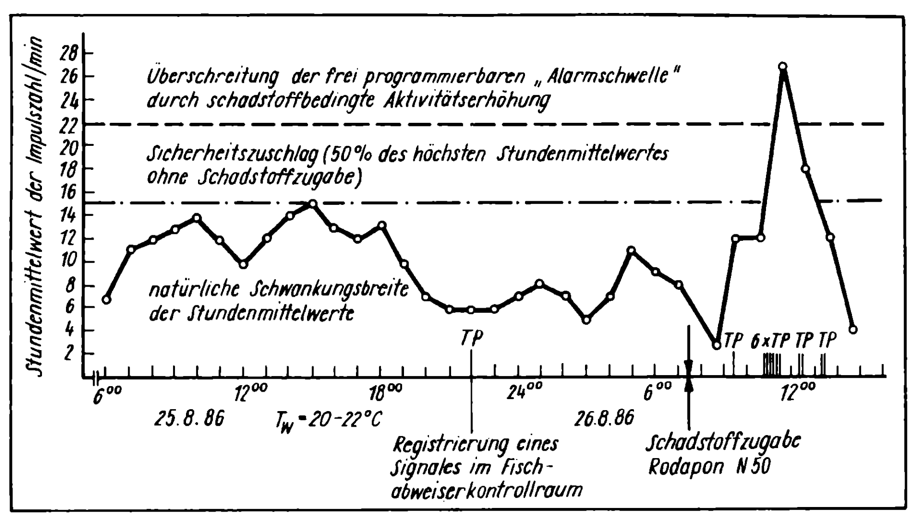
Betriebsvorbereitung

Nach Ablauf der zweitägigen Eingewöhnungszeit im Adaptionsbecken werden die Fische in das Testbecken umgesetzt. Bestehen noch keine praktischen Erfahrungen mit den Testorganismen unter Betriebsbedingungen, muß durch entsprechende Grenzwertfestlegung eine häufige (etwa stündliche) Speicherung gemittelter Werte pro Zeiteinheit erfolgen.

Erste Erfahrungen

Laborversuche wurden im Temperaturbereich zwischen 18 und 22 °C durchgeführt, das Temperaturspektrum bei der Gewässererprobung (Beschaffenheitsklassen 2 bis 4) reichte von 5 bis 22 °C. In labortoxikologischen Untersuchungen mit Schadstoffen wie dem Tensid Rodapon N50, Vergaserkraftstoffen, Phenol, Quecksilber (II)-chlorid und Kupfersulfat zeigten die Fische schon bei Konzentrationen weit unter dem LC50-Wert deutliche Verhaltensänderungen.
Die Zeitdifferenz zwischen Schadstoffzugabe und erster Alarmreaktion reichte – stoff- und konzentrationsbezogen – von wenigen Minuten bis in den Stundenbereich. Rodapon N50 löste noch bei Konzentrationen Alarm aus, die nahe dem Trinkwassergrenzwert (1 mg/l) lagen. Niedrige Konzentrationen bewirkten längere Reaktionszeiten, wohingegen sehr hohe Dosen (10 mg/l) einen ausgeprägten Fluchtreflex zur Folge hatten. Die Wirkung von Rodapon auf das Schwimmverhalten der Testfische und ihre Fluchtreaktion ist in Bild 3 dargestellt. Weiterhin wird deutlich, daß die Fische den Fischabweiserbereich nach Ablauf der Adaptionszeit meiden. Vereinzelte spontane Aufenthalte (TP) sind nicht auszuschließen, lassen sich jedoch klar von einer schadstoffinduzierten Fluchtreaktion unterscheiden.
Die Verwendung der Lichtschranken in einem Sensorensystem in wenig bis mäßig getrübten Wässern hat sich allgemein bewährt. Hohe Sestongehalte können hier zwar Probleme verursachen, die aber durch Vorschalten einer Absetzeinheit bzw. durch Verdünnung mit Trinkwasser zu beseitigen sind.
Die mit Abwässern durchgeführten Versuche ergaben gute Ansprechempfindlichkeiten im subletalen Bereich. Vergleichende Untersuchungen mit Forellensetzlingen (6 bis 8 cm), die in einer Forellenaufzuchtanlage durchge-

Bild 3 Auswirkungen bei Zugabe einer waschaktiven Substanz (Tensid Rodapon N50, 5 mg/l)



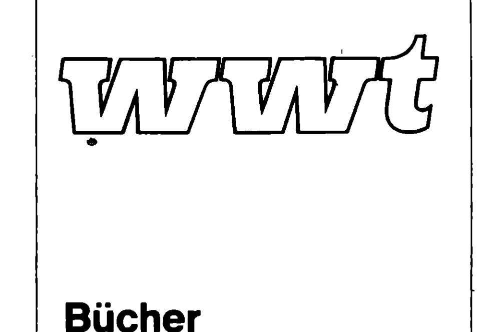
führt wurden, bestätigten unsere Auffassung zur Verwendbarkeit von Goldorfen zur Überwachung auch von Forellenbeständen.
Unterschiedliche Temperaturverhältnisse während der Erprobungen in der Praxis bewirkten Schwankungen der Aktivitätsganglinie dahingehend, daß die kurzzeit- und gemittelten Werte bei 5 °C wesentlich unter denen bei 20...22 °C lagen und weisen auf die temperaturabhängige Dynamik von Bewegungsaktivität und Giftwirkung hin. Temperaturen über 22 °C erzeugten starke Aktivitätsschwankungen und beeinflußten die Leistungsfähigkeit des Verfahrens. Fehlalarme, ausgelöst durch spontane Passagen des Fischabweisers unter nicht toxischen Bedingungen, treten nach Ablauf der Adaptionszeit nur vereinzelt auf. Sie sind nicht völlig auszuschließen, jedoch durch Verbesserung der Software im Programm herausfiltrierbar.

Zusammenfassung

Das AFT 1, ein in der DDR erstmals industriell gefertigtes Gerät zur automatischen Erfassung akut fischtoxischer Verbindungen im Wasser, ist durch seine Funktion als Frühwarnsystem mit variabler Grenzwertvorgabe vielseitig in der Gewässer-, Abwasser- und Trinkwasserüberwachung in Binnenfischerei sowie für Laboruntersuchungen einsetzbar.
Ein Novum stellt die Früherkennung von Schadstoffwirkungen durch Überwachung von Bewegungsaktivität und Fluchtreaktion sowie die automatische Warnfallmeldung und ereignisbezogene Probenahme dar. Somit wird die Ermittlung von Havarieverursachern erleichtert und es entsteht die Möglichkeit eine Schadenausbreitung frühzeitig zu stoppen. Der Einsatz lebender Organismen in einem automatisch arbeitenden Test fordert die Beachtung vorgegebener Randbedingungen. Die Grenzwertvorgabe erfolgt auf Grundlage am Einsatzort gewonnener Erfahrungen unter spezieller Berücksichtigung des Temperatureffektes auf die Bewegungsaktivität.
Leistungsfähigkeit des Gerätes wird mit verbesserter Software (in Zusammenhang mit langfristigen Betriebserfahrungen) noch zu erweitern sein.

Literatur

/1/ *Reichenbach-Klinke, H. H.*. Der Süßwasserfisch als Nährstoffquelle und Umweltindikator, Stuttgart. 1974
/2/ *Besch, W. K., Loseries, H. G.; Meyer-Waarden, K., Schmitz, W.*: Warntest zum Nachweis akut toxischer Konzentrationen von Wasserinhaltstoffen, Arch. Hydrobiol. Stuttgart, (1974) S. 551–565
/3/ Autorenkollektiv: Ausgewählte Methoden der Wasseruntersuchungen, Bd. II, G. Fischer-Verlag, Jena 1982
/4/ *Zimmermann, U.*: Der Einsatz von Fischtestgeräten zur Überwachung der Wasserqualität, Gas-Wasser-Abwasser, 61. Jahrgang (1981) Heft 9
/5/ *Jung, K. D.*: Extrem fischtoxische Substanzen und ihre Bedeutung für ein Fischtest-Warnsystem, Gwf Wasser-Abwasser 114 (1973), S. 234–243
/6/ *Gunkel, G.; Hoppe, Ch.; Koswig, M.; Axt, G.*. Die Fluchtreaktionen von Fischen als Grundlage eines Fisttestes, Vom Wasser Bd. 61 (1983)
/7/ *Metzner, G.*: Fischtest im Rahmen nationaler Regelungen, Münchner Beiträge zur Abwasser-, Fischerei- und Flußbiologie. Oldenbourg-Verlag, München, Wien, Bd. 37 (1983) S. 47–67



Bücher

Avakjan; Saltankin; Scharapov

Privoda mira – Vodochranilisca
(Welt-Talsperrenbuch)

Verlag „Mysl" Moskva 1987
325 S., 210 farbige Abb., 53 Tab.

Zu den existierenden 30000 Talsperren kommen jährlich 300 bis 500 neue hinzu. Ihre Gesamtfläche übertrifft die Fläche der DDR inzwischen um das Vierfache, ihr Gesamtvolumen übersteigt 6000 km³. In den letzten 30 Jahren stieg die Kubatur um den Faktor 10, dabei in Lateinamerika auf das 35-, in Afrika auf das 60- und in Asien auf das 20fache! Es ist absehbar, daß schon bald zwei Drittel der großen Ströme der Erde zu Stauseekaskaden umgewandelt sein werden, wie das schon heute für Wolga, Angara, Missouri, Colorado, Parana u. a. zutrifft. Obwohl von Menschen geschaffen, stellen Talsperren doch gleichermaßen Bestandteile der Landschaft dar, ihre Wässer und ihre Besiedlung folgen den gleichen Gesetzen wie die natürlichen Seen. Zunehmend werden vor allem gegen die sehr großen Talsperren Kritiken laut, da sie zu einschneidenden ökologischen Veränderungen, Landverlusten, zum Aussterben wertvoller Wanderfische, zur Teilung gewachsener Territorien mit ihrer Bevölkerung führen. Der XXVII. Parteitag der KPdSU verlangt daher die ganzheitliche Bewertung der Bedeutung jeder Talsperre mit Hilfe der Systemanalyse: als Wasserspeicher, als Objekt, das die Flußwasserbeschaffenheit und die Biozönosen positiv oder negativ verändert, als Aquatorium für die Energiewirtschaft, den Bodenbeanspruchér aber auch Bodenverbesserer (Beregnung und Hochwasserschutz) mit Einfluß auf den Unterlauf, das Delta, das aufnehmende Meer usw.
Im vorliegenden Buch wird erstmals eine detaillierte Beschreibung der Talsperren, der natürlichen und wirtschaftlichen Voraussetzungen für den Bau, der wirtschaftlichen Bedeutung, ihrer Rolle in der Landschaft und ihres Einflusses auf die Umwelt gegeben.
Die Kubatur aller Talsperren der DDR wird mit insgesamt 1,36 km³, darunter keine großen und sehr großen, angegeben. In der Welt werden inzwischen 201 fertiggestellte und 43 im Bau befindliche Talsperren mit über 5 km³ Inhalt registriert. Hinderlich beim Lesen ist die Transkription der zahlreichen Eigennamen in die kyrillische Schreibweise. Im Text wird mehr Literatur zitiert als im Verzeichnis erscheint. Auch könnten die Fragen der Wassergütebewirtschaftung stärker herausgearbeitet werden.

Klapper

Hans Blind u. a.

Wasserbauten aus Beton

Verlag Ernst & Sohn, Berlin (West) 1987
493 S., 447 Abb., 12 Tab.

Dieses umfangreiche, sehr gut gestaltete Fachbuch behandelt in lobenswerter Geschlossenheit, anschaulich und praxisorientiert, den Wasserbau schlechthin. Die von erfahrenen Fachleuten geschriebenen Kapitel Betontechnologie im Wasserbau, Talsperren, Wehre, Wasserkraftanlagen, Binnenschiffahrtschleusen, Böschungsschutz und Ufereinfassungen sind in sich abgeschlossen. Sie haben allgemeine Entwurfsgrundlagen sowie konstruktive Gesichtspunkte und Details zum Inhalt, welche mit zahlreichen Beispielen – hauptsächlich aus der Bundesrepublik Deutschland – untersetzt sind. Literaturverzeichnisse runden die einzelnen Kapitel ab; Bezüge zur Fachliteratur aus sozialistischen Ländern fehlen leider. Das in der Reihe „Handbuch für Beton-, Stahlbeton- und Spannbetonbau" (Herausg. H. Kupfer) erschienene Buch gibt dem Studierenden der Fachrichtung Wasserbau eine ebenso wertvolle Übersicht über sein Fachgebiet wie dem in der wasserbaulichen Entwurfs- und Baupraxis tätigen Ingenieur.

G. Bollrich

Reuss, J. O.; Johnson, D. W.

Saure Ablagerungen und die Versauerung von Böden und Gewässern

(Acid Deposition and the Acidification of Soils and Waters)
Springer-Verlag, New York–Berlin–Heidelberg–Toronto 1986,
120 S., 37 Abb.

Das Buch ist eine Zusammenfassung früherer Arbeiten der Autoren, die die umfangreiche Fachliteratur auswertet und insgesamt einen gelungenen Beitrag zum Verständnis dieser Problematik leistet. Ausgehend von der Tatsache, daß bisher die weitverbreitetsten und deutlichsten Effekte saurer Ablagerungen in forstlichen Ökosystemen beobachtet wurden, beschränken die Autoren ihre Betrachtungen auf Ökosysteme mit staunässeunbeeinflußten sauren Böden ohne Stickstoffdüngung.
Schwerpunkte der einzelnen Kapitel bilden die Bodenversauerung, die Rolle des Schwefels und des Stickstoffs in den Nährstoffkreisläufen von Forstökosystemen und ihre Wirkung auf Boden, Wasser und Pflanze, das Bodenwasser und die dort ablaufenden physiko-chemischen Prozesse sowie die Boden- und Wasserempfindlichkeit gegenüber den Einwirkungen saurer Depositionen. Kritisch setzen sich die Autoren mit verschiedenen Theorien auseinander (z. B. zum theoretischen Versauerungskonzept, zur Schwefelretention, zur Quantifizierung der Versauerungssensibilität von Böden), offen gegenwärtige Kenntnislücken darlegend und ohne in jedem Fall fertige Alternativlösungen aufzuzeigen. Das Buch schließt mit der umfassenden Darstellung eines Ionen-Gleichgewichtsmodells, von der Erläuterung der Modellkonzeption bis hin zum Programm-Listing (BASIC). Dieses bodenchemische Modell zielt darauf ab, Einsichten in mögliche Langzeit-Wirkungen der sauren Deposition zu gewinnen, es wurde von den Autoren im Interesse der Nachnutzbarkeit mit einer minimalen Anzahl von Komponenten und Parametern ausgestattet.
Für alle auf diesem Gebiet Tätigen enthält das vorgestellte Buch wertvolle Anregungen.

A. B.

Berechnung der Nitrat- und Ammoniumgehalte in einem Flachlandfluß aus Durchfluß und Temperatur

Dr. rer. nat. Volker MOHAUPT
Beitrag aus dem Institut für Geographie und Geoökologie der Akademie der Wissenschaften der DDR, Bereich Hydrologie

Die Stickstofftransporte in der Ökosphäre sind in den letzten Jahren als Folge der verstärkten Anwendung mineralischer Düngemittel in der Landwirtschaft angewachsen. Die Auswirkungen in anderen Bereichen und die Bestrebungen den Düngereinsatz zu optimieren spiegeln sich auch international in einer Anzahl wissenschaftlicher Analysen wider.
Zu den Auswirkungen auf wasserwirtschaftlichem Gebiet zählen die Beeinträchtigung des Trinkwassers und die Gewässereutrophierung durch zunehmende Nitratkonzentrationen in landwirtschaftlich genutzten Gebieten /1, 2, 3/. Als Eutrophierungsursache ist der Stickstoff aber häufig dem Phosphor untergeordnet, da Stickstoffmangel durch Fixierung von Luftstickstoff (Cyanophyceen) überwunden werden kann. Trotzdem wurden in die Untersuchung der Eutrophierung im unteren Spreegebiet die Nitrat- und Ammoniumverhältnisse einbezogen. In dieser Arbeit soll dargestellt werden, in welchem Maße der Durchfluß Q und die Wassertemperatur T als natürliche Einflußfaktoren die Konzentrationen von NO_3^- und NO_4^+ in einem Flachlandfluß beeinflussen und mit welcher Genauigkeit daraus statistische Beschreibungsmodelle abgeleitet werden können.

Voruntersuchungen

Die WWD Oder–Havel Potsdam stellte wöchentliche Messungen von NH_4^+, NO_3^- und Temperatur sowie tägliche Messungen der Durchflüsse für den Zeitraum Oktober 1975 bis September 1984 zur Verfügung. Davon wurden die ersten sechs Jahre zur Modellanpassung, die restlichen drei zum Test benutzt. Alle Ergebnisse beziehen sich auf eine Meßstelle direkt oberhalb des Berliner Seensystems.
Mittels linearer Korrelationsanalysen wurde zunächst ermittelt, daß die Konzentrationen statistisch signifikant mit den Durchflüssen und Temperaturen korrelieren (Irrtumswahrscheinlichkeit immer zu 5 % angenommen). Auch die Spektralanalyse zeigte den Temperatureinfluß durch hohe Varianzanteile auf der Jahreswelle (NO_3^- :63 %, NH_4^+ :55 %). Andererseits sind die Einflußgrößen Temperatur und Durchfluß voneinander unabhängig. Der Varianzanteil der Jahreswelle beträgt bei den Durchflüssen nur 14 % mit einem Maximum bei den niedrigsten Temperaturen.
Eine Voraussetzung für die geplante Regressionsanalyse ist, daß alle Daten nach der *Gauß*schen Glockenkurve verteilt (normalverteilt) auftreten. Das war zunächst nur bei den Nitratkonzentrationen und annähernd bei den Durchflüssen der Fall. Die Voraussetzung wurde besser erfüllt, nachdem die Daten nach Temperatur und Durchfluß in hydrologisch homogenere Zeiträume unterteilt wurden. Die verbleibenden Abweichungen bewirken, daß die Regressionsergebnisse in den Extrembereichen der nicht normalverteilten Größen am unsichersten sind.
Die den Stofftransport ausgleichenden Speicherungsvorgänge in einem Flachlandfluß und seinem Einzugsgebiet führen zur Verletzung einer weiteren Voraussetzung. Dadurch sind die Meßwerte nicht mehr statistisch unabhängig voneinander, mit der Folge, daß die Gütemaße von Regressionen (Korrelationskoeffizient bzw. Bestimmtheitsmaß) überschätzt werden. Das kann im zweidimensionalen Fall berücksichtigt werden, indem man mit Hilfe des Autokorrelationskoeffizienten r_a die Meßwerteanzahl n auf eine effektive Zahl statistisch unabhängiger Meßwerte n_{eff} reduziert und damit den Signifikanztest durchführt /4/. In dieser Analyse betrug r_a jeweils etwa 0,8, womit n_{eff} rund $0{,}2 \cdot n$ ist.

Temperaturabhängigkeiten

Betrachtet man die Temperaturabhängigkeiten (Bild 1), so fällt auf, daß Veränderungen jeweils bei etwa 8...10 °C eintreten. NH_4^+ nimmt bis etwa 8...10 °C stark ab, um bei weiter steigender Temperatur kaum noch zu sinken. Die Konzentrationen sind dann wahrscheinlich so gering, daß sie die Nitrifikation hemmen und zwischen dem Abbau organischer Substanz und Zuflüssen (als NH_4^+-Quellen) sowie Algenaufnahme und Nitrifikation (als Senken) ein Gleichgewicht eintritt. Diese Konzentration bleibt bei höheren Temperaturen erhalten, obwohl sich die Prozeßkonstanten bei Steigerung der Temperatur um weitere 10 K etwa verdoppeln dürften /5/.

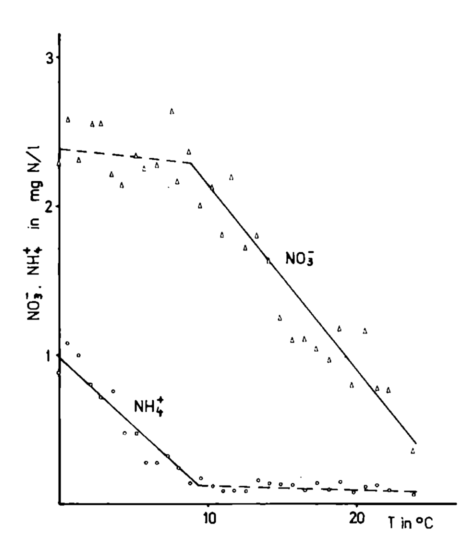


Bild 1 Temperaturabhängigkeiten

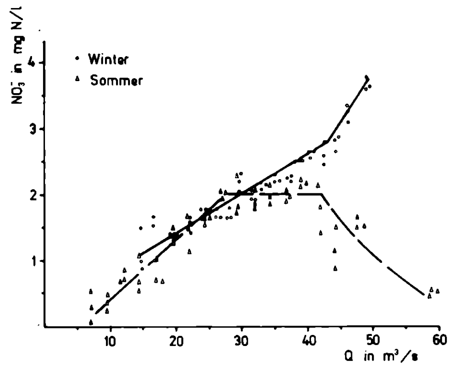


Bild 2 Durchflußabhängigkeit des Nitrats

Bei geringen Temperaturen kompensiert die Nitrifikation annähernd die Denitrifikation, wodurch nahezu temperaturunabhängige Nitratkonzentrationen auftreten. Wenn bei Temperaturen über 10 °C die Nitrifikation als NO_3^--Quelle weitgehend ausfällt, nehmen die Nitratkonzentrationen mit steigender Temperatur linear ab. Durch diese Kompensationseffekte ist die Konzentration der Summe anorganischen Stickstoffs eine lineare Funktion der Temperatur. Das Nitrit (NO_2^-) als Zwischenprodukt der Nitrifikation ist nur in sehr geringen Mengen vorhanden.
Die statistische Beschreibung gelingt am besten mit den beschriebenen stückweise linearen Beziehungen zwischen Konzentration und Wassertemperatur ($C \sim A \cdot T$). Diese Abhängigkeiten ergeben sich aus den konzentrationsbeeinflussenden biochemischen Prozessen, deren Temperaturabhängigkeit theoretisch abgeleitet werden kann. Man erhält ein exponentielles Ansteigen der Prozeßgeschwindigkeiten mit der Temperatur sowie einen Reaktionsabbruch bei höheren Temperaturen durch die Inaktivierung der katalysierenden Enzyme (siehe z. B. /6/). Diese Grundlagen sind aber nicht anwendbar, da sie Meßwerte der Prozesse zur Parameterschätzung verlangen. Die Folge ist, daß das zur Zeit ableitbare Modell nur solange gelten kann, wie die Bedingungen (z. B. N-Einleitungen, Düngemittelanwendung und Struktur der Ökosysteme) konstant bleiben. Bei Änderungen wäre es neu zu eichen.

Durchflußabhängigkeiten

Höhere Durchflüsse haben fast immer höhere NH_4^+- und NO_3^--Konzentrationen zur Folge (Bild 2). Das ergibt sich einerseits aus verringerten Fließzeiten zwischen den Quellen (Einleitungen, Auswaschung) und dem Meßpunkt, wodurch der Konzentrationsabbau kleiner wird. Andererseits bewirkt eine zunehmende Durchfeuchtung des Einzugsgebietes auch intensivere Lösungs- und Auswaschungsprozesse. Dadurch hat der hypodermische Abfluß gegenüber dem Grundwasser- und dem Oberflächenabfluß die höchsten Nitratkonzentrationen /7/. Bei Hochwassern im Sommer nehmen die Nitratkonzentrationen

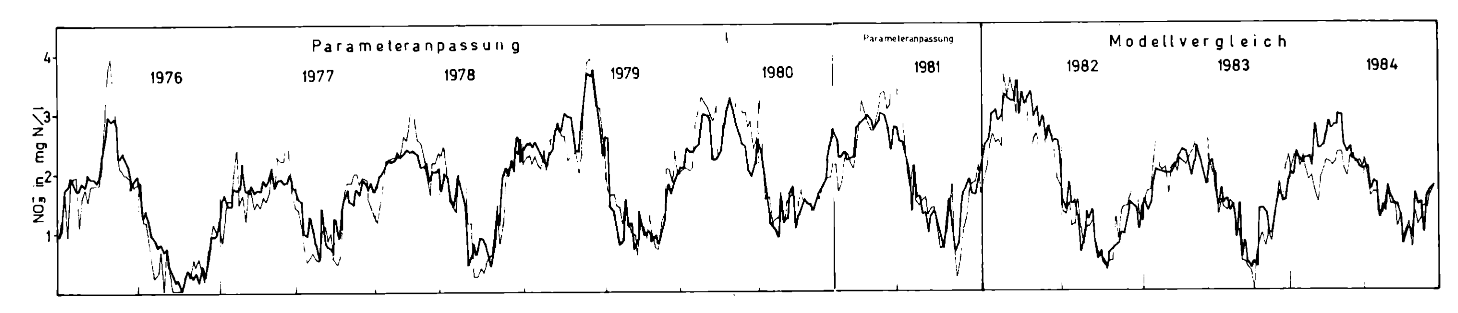


Bild 3 Regressionsmodell für Nitrat (▬ Messung, ■ Modell)

ab. In dieser Zeit wird anscheinend die Auswaschung durch die Stickstoffbindung in den Pflanzen und im Boden begrenzt. Die überproportionale Zunahme des NO_3 in Winterhochwassern ist durch die Abgabe von Wasser an das Dahmegebiet zum Hochwasserschutz in der unteren Spree erklärt. Wenn man die Gesamtdurchflüsse einsetzt, erhält man eine lineare Beziehung, die aber wegen der z. Z. nicht erfaßbaren Fließzeit- und Speicherungsprobleme nicht so hohe Bestimmtheitsmaße erreicht. Das zeigt aber, daß die Gesamtfeuchte im Gebiet und nicht etwa die gesteuerten Durchflüsse in einem Flußabschnitt die N-Konzentrationen bestimmt. Zusätzlich zum bisher ermittelten Verhalten deuten sich schleifenartige *C*-*Q*-Beziehungen an, für deren Absicherung aber zeitlich dichtere Messungen während der Hochwasser erforderlich sind /8/

Für die Beschreibung der Durchflußabhängigkeit erwiesen sich lineare Ansätze als geeignet und ausreichend ($C \sim B \cdot Q$). Eine Ausnahme bildet der Rückgang der Nitratkonzentrationen bei Sommerhochwassern, der als Verdünnung einer maximal möglichen Fracht F_M gedeutet werden kann ($NO_3^- \sim F_M \ Q^{-1}$). Es ist nicht unbedingt erforderlich aktuelle Durchflüsse zu benutzen. Die Anpassung war sogar etwas besser, als die Mittelwerte der vergangenen fünf Tage eingesetzt wurden. Das kann an den Fehlern der einzelnen Durchflußmessung liegen. Der Rückgriff auf vorangegangene Werte ist leichter bei niedrigen Durchflüssen und in großen Einzugsgebieten möglich.

Mehrfachregressionen

Die Ergebnisse der Mehrfachregressionen (= Anpassung der Parameter mit Hilfe der Methode der kleinsten Quadrate) werden in Tabelle 1 und für Nitrat in Bild 3 gezeigt. Durch die Modelle werden etwa 55 % der ursprünglichen Standardabweichungen erklärt; ein großer Teil davon bereits durch die Einteilung in *T*- und *Q*-Bereiche. Als ein Maß für den Fehler einer Vorhersage mit Hilfe der Modelle wird die Reststandardabweichung s_R mit angegeben.

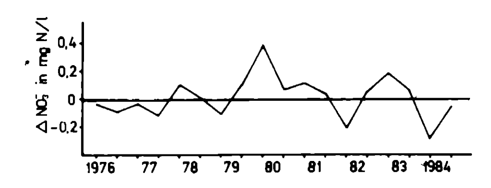


Bild 4 Restgrößen der Regression für Nitrat (Halbjahresmittel)

Tabelle 1: Mehrfachregressionsmodelle

Definitionsbereich		Gleichung (Q in m³/s, T in °C)	r_m	r_c	s_R
Nitrat NO_3 in mgN/m³					
$T < 9{,}5$	$Q < 40$	$NO_3 = 41{,}3\,Q + 16{,}0\,T + 756$	0,59	0,21	348
	$Q \geq 40$	$NO_3 = 63{,}7\,Q - 48{,}0\,T + 170$	0,45	0,27	540
$T \geq 9{,}5$	$Q < 30$	$NO_3 = 57{,}0\,Q - 40{,}6\,T + 676$	0,81	0,19	302
	$30 \leq Q < 40$	$NO_3 = -67{,}9\,T + 36{,}7\,Q + 1\,515$	0,65	0,34	284
	$Q \geq 40$	$NO_3 = -157{,}0\,T + 48\,100\,Q^{-1} + 3\,096$	0,72	0,49	585
		Gesamt:	0,89		381
Ammonium NH_4^+ in mgN/m³					
$T < 9{,}5$	$Q < 40$	$NH_4 = -82{,}2\,T + 11{,}0\,Q + 578$	0,76	0,21	210
	$Q \geq 40$	$NH_4 = -98{,}4\,T - 11{,}5\,Q + 1\,594$	0,75	0,27	259
$T \geq 9{,}5$		($NH_4 \approx 1{,}33\,Q - 0{,}23\,T + 82{,}4$)	0,17	0,16	83
		Gesamt:	0,89		168

r_m – multipler Korrelationskoeffizient s_R – Reststandardabweichung in mgN/m³
r_c – Zufallshöchstwert des multiplen Korrelationskoeffizienten

Die Restgrößen dieser Regressionen zeigen keine tendenziellen Veränderungen (Bild 4: Test mit dem *Mann-Kendall*-Test /9/).

Daraus kann gefolgert werden, daß sich der Stickstoffhaushalt des Spreegebietes seit 1976 nicht geändert hat. Der in den Ursprungsdaten vorhandene kontinuierliche Anstieg der Konzentrationen bis etwa 1981 mit nachfolgendem Rückgang ist durchflußbedingt. Als zusätzliche Verbesserungsmöglichkeit wurden die Zuflüsse eines stickstoffarmen Zwischengebietes einbezogen. Es ergab sich eine Verringerung der Fehler um 4 %, die aber mit einer weiteren unsicheren Größe erkauft wird. Zur Zeit kann der Zwischengebietszufluß nur über die Durchflußdifferenz der angrenzenden Spreemeßstellen ermittelt werden. Deshalb wurde auf diese Größe verzichtet.

Schlußfolgerungen

Für eine objektive Entscheidung, ob diese Modelle in die Praxis übernommen werden, wäre es notwendig, die Reststandardabweichungen mit den Fehlern der Messungen zu vergleichen. Die Meßfehler sind aber zur Zeit noch ungenügend bekannt. Das betrifft besonders die Repräsentativität der Messungen gegenüber den räumlichen Konzentrationsunterschieden im Fließquerschnitt und den zeitlichen Unterschieden während einer Woche. Nach Meinung des Autors sollte die Vorhersagegenauigkeit ausreichend sein, diese Modelle zur Kontrolle der Wasserbeschaffenheit einzusetzen und damit einen Teil der bisherigen Messungen einzusparen. Dafür spricht auch, daß die Trinkwassergrenzwerte nicht überschritten wurden. Die maximalen Nitratkonzentrationen betrugen etwa die Hälfte des Grenzwertes von 40 mg NO_3 /l (= 9 mg N/l). Weiterhin sind Messungen für folgende Zwecke erforderlich (die Häufigkeiten sind Empfehlungen des Autors):

- Kontrolle der Regressionsmodelle (d. h. Kontrolle, ob sich der N-Haushalt des Gebietes ändert – monatlich).
- Hochwassermeßprogramme, da zu diesen Zeiten höhere Vorhersagefehler gelten und im Winter die höchsten Konzentrationen erreicht werden (mindestens wöchentlich).
- Ammoniummessungen im Sommer, da die Variationen des NH_4^+ im Sommer durch die Modelle nicht erklärt werden (wöchentlich).
- Nitratmessungen im Sommer zweiwöchentlich und in Trockensommern wöchentlich, weil die Vorhersagegenauigkeit für Fragen der Nährstofflimitation des Phytoplanktons nicht ausreicht.

Zusammenfassung

Die Temperatur und der Durchfluß sind die entscheidenden Einflußgrößen für die Geschwindigkeiten der biochemischen Reaktionen bzw. die Transportgeschwindigkeiten des Stickstoffs im Einzugsgebiet. Mehrfachregressionsmodelle zwischen den Konzentrationen im Fluß und diesen Einflußgrößen beschreiben deshalb die Konzentrationszeitreihen gut, solange die Stickstoffquellen konstant bleiben. In der unteren Spree beträgt der Vorhersagefehler etwa 0,3 mgN/l für Nitrat bzw. 0,1...0,2 mgN/l für Ammonium. Er steigt aber bei Hochwasser an. Der Stickstoffhaushalt der Spree veränderte sich in den letzten zehn Jahren nicht.

Literatur

/1/ *Selenka, F.* (Editor): Nitrat, Nitrit, Nitrosamine in Gewässern. Weinheim. Verlag Chemie, 2. Aufl., 1984.

/2/ *Uhlmann, D.*. Ökologische Probleme der Trinkwasserversorgung aus Talsperren. Abh. sächs. Akad. d. Wiss., Mat. Naturw. Klasse, Leipzig, Bd. 55, 1983.

(Fortsetzung S. 44)

Katodischer Korrosionsschutz an erdverlegten Rohrleitungen – Einige Aspekte zu Fehlermöglichkeiten bei der IR-freien Potentialmessung und die Erprobung einer neuen Meßmethode

Dipl.-Ing. Peter BRUSSIG
Beitrag aus dem VEB Wasserversorgung und Abwasserbehandlung Dresden

Der katodische Korrosionsschutz stellt für durchgehend geschweißte erdverlegte Stahlrohrleitungen, die mit Bitumen oder Plasten umhüllt sind, ein in seiner Effektivität kaum zu überbietendes Schutzverfahren dar. Die Kosten dafür liegen bei weniger als 2% der Gesamtrohrleitungskosten. Die erreichbare korrosionsschadensfreie Betriebszeit wird mindestens verdoppelt, bei Streustrombelastung oft mehr als verzehnfacht. Die damit verbundene Erhöhung der Betriebssicherheit und die Verhinderung von medienaustritten (z. B. Erdöl, Gas, Wasser usw.) ist volkswirtschaftlich und dem Umweltschutz betreffend oft noch bedeutsamer als die unmittelbare Lebensdauerverlängerung der Rohrleitungen. Für Gas- und Ölpipelines wird deshalb der katodische Korrosionsschutz in der DDR seit langem gesetzlich vorgeschrieben.

Der katodische Korrosionsschutz beruht auf dem Prinzip, Stromaustritte aus den Rohrleitungen in das Erdreich, die immer mit Materialauflösungen verbunden sind, zu verhindern. Der Stromaustritt von nur 1 mA löst in einem Jahr z. B. 8 g Stahl auf. Die Schutzmaßnahmen bestehen darin, die durch Elementbildungen in den Rohrleitungen entstehenden und die durch im Erdboden vagabundierende Streuströme eingetragenen elektrischen Ströme von den Rohrleitungen gefahrlos abzuleiten oder abzusaugen. Dazu werden die Rohrleitungen katodisch, d. h., elektrisch negativ, polarisiert.

Als Kriterium für den katodischen Korrosionsschutz oder Nichtschutz wird das Objekt/Elektrolyt-Potential gemessen und standardisierten Grenzwerten (z. B. TGL 18 791/02 oder TGL 190-353/02) gegenübergestellt. Der Schutzgrad dieses Verfahrens wird damit von der Qualität der Potentialmessung mitbestimmt. Bei der Objekt/Elektrolyt-Potentialmessung an erdverlegten Rohrleitungen wird zwangsläufig immer ein Spannungsabfall im Erdboden, der sogenannte „IR-Anteil", mitgemessen. Die Meßwertverfälschung durch den IR-Anteil kann dabei ein Vielfaches des richtigen Meßwertes betragen. In der Eliminierung dieses und anderer Meßfehler besteht das eigentliche Problem des katodischen Korrosionsschutzes. Der vorliegende Beitrag soll einige Erfahrungen zur Vermeidung von Meßfehlern und zur besseren Meßwertinterpretation diskutieren sowie eine noch in der Erprobung befindliche neue Meßmethode vorstellen.

Gerätetechnik

Potentialmeßgeräte

Die vorhandenen Rohrleitungsnetze sind größtenteils mit Bitumenschutzschichten (Isolationen) umhüllt. Die Umhüllungswiderstände r_u liegen allgemein bei Werten $< 10^4\ \Omega m^2$. Für diese Isolationsqualitäten genügen Spannungsmesser mit einem Geräteinnenwiderstand $R_i = 1\ M\Omega$. Mit der für den Anfang der 90iger Jahre geplanten Ablösung der Bitumenschutzschichten durch Polyäthylenumhüllungen wird es zu einer Verbesserung der Rohrisolationsqualität auf Werte von $r_u > 10^5\ \Omega m^2$ kommen. Dementsprechend wird eine Erhöhung der Geräteinnenwiderstände erforderlich, sonst steigen die R_i-bedingten Meßfehler von gegenwärtig etwa ±10 mV um ein Vielfaches. Diesen Anforderungen genügt z. Z. das Uni 12e mit dem Polarovar als Vorsatzgerät ($R_i = 10\ M\Omega$).

Kupfer/Kupfersulfat-Elektroden

Es wird vorausgesetzt, daß chemisch reines Kupfersulfat und destilliertes Wasser zur Lösungsherstellung verwendet wird. Da die Porzellanfritten beim Einsatz im Erdreich unbemerkt durch Öle, Düngemittel usw. verunreinigt werden können, sind meßtechnische Vergleiche mit neuen Elektroden jeweils nach etwa 20 Einsätzen empfehlenswert. Bei Abweichungen von mehr als 10 mV sind die Elektroden zu verwerfen.

Während der Messungen kommt es häufig zu Temperaturänderungen der Kupfersulfatlösung, z. B. durch Sonneneinstrahlung. Beim Fehlen von $CuSO_4$-Salz in der Elektrode führt eine Erwärmung zur Aufhebung der Sättigung. Die u. a. auch dadurch entstehende Potentialänderung liegt bei etwa 1,5 mV/grd C. Bei normalen Feldmessungen können so Meßfehler bis zu 40 mV auftreten.

Meßkabel, Abschirmungen, Schwebungen

Die Einflüsse von zu langen und zu hochohmigen Kabeln, von Beschädigungen an der Kabelisolation, von korrodierten Kontaktstellen und von Zufallsberührungen von Kabelverbindungen z. B. mit feuchtem Erdreich, sind bekannt. Induktive Beeinflussungen durch Schienen von Gleichstrombahnen oder durch Stromkabel können vermieden werden, indem die Meßkabel nicht parallel zu solchen Objekten ausgelegt werden. Weit schwieriger ist die Abschirmung der Kabel und Meßgeräte und die meßtechnische Beherrschung von Schwebungen.

Schwebungen treten häufig schon durch den gleichzeitigen Betrieb verschiedener katodischer Schutzanlagen auf. *W. v. Baeckmann* beschreibt einen solchen Fall ausführlich /1/. Schwebungen entstehen aber auch durch die geringfügigen Frequenzunterschiede zwischen der 220 V-50 Hz-Bordstromversorgung der Meßfahrzeuge (Notstromaggregat, Spannungswandler), und den aus 50 Hz-Wechselstrom umgewandelten 16⅔ Hz des Eisenbahnstromes, sowie dem mit 100 Hz pulsierenden Gleichstrom der Gleichstrombahnen und der katodischen Schutzanlagen.

Bei Schwebungserscheinungen führen einfache Dämpfungsmaßnahmen mit RC-Gliedern (z. B. mit etwa 60 dB) zur Beruhigung der Meßwertanzeige. Bei unsymmetrischen Schwebungen, bei sehr schnellen Meßwertänderungen und in einigen Sonderfällen können durch die Dämpfung zusätzliche Meßfehler entstehen. Die Zuschaltung von Dämpfungsgliedern sollte deshalb nur intermittierend betrieben werden, so daß die registrierenden Meßgeräte nicht überstrapaziert werden und trotzdem eine Kontrolle der arithmetischen Mittelwertbildung der gedämpften Meßwertanzeige vorhanden ist.

Fortsetzung des Literaturverzeichnisses von S. 43

/3/ *Zwirnmann, K.-H.*. Nonpoint nitrate pollution of municipal water supply sources. Laxenburg, IIASA, 1982, CP-82-S4.

/4/ *Olberg, M.:* Untersuchungen zur Signifikanzprüfung des periodischen Verhaltens statistischer Parameter meteorologischer Zeitreihen. In: Wiss. Z. Humb. Univ. Berlin **25** (1976) 3, S. 423–427

/5/ *Jørgensen, S. E.*. Handbook of environmental data and ecological parameters. International Society of Ecological Modelling, 1979.

/6/ *Bergter, F.:* Wachstum von Mikroorganismen – Experimente und Modelle. Jena, Gustav-Fischer-Verlag, 1972.

/7/ *Probst, J. L.:* Nitrogen and phosphorus exportation in the Garonne Basin (France). In: J. Hydrol. **76** (1985) 3/4, S. 281–305.

/8/ *Grünewald, U.; Wernecke, G.:* Wasser- und Stoffhaushaltuntersuchungen in Einzugsgebieten einer Trinkwassertalsperre. In: Wasserwirtschaft–Wassertechnik, Berlin **32** (1982), S. 419–422.

/9/ *Stellmacher, R.:* Prüfung der Homogenität und statistische Analyse von Zeitreihen, vorgestellt am Beispiel klimatologischer und hydrologischer Zeitreihen. Diss. B, AdW der DDR, 1983.

Korrosionspotential, Ruhepotential

In der TGL 190-353/02 (Entwurf 7/87) wird für das IR-frei zu messende Schutzpotential E für unlegierten Stahl u. a. eine Mindestabsenkung um 100 mV vom Korrosionspotential E_K gefordert.
$E = E_K - 100$ mV
In TGL 18 791/02 (7/83) sind ähnliche Forderungen auf der Basis des Ruhepotentials angegeben. Damit sind die genaue Definition und die exakte Messung dieser Potentiale wichtig für den Grad des katodischen Korrosionsschutzes.

Definition des Ruhepotentials

Das Ruhepotential ist das freie Korrosionspotential E_K, welches zwischen den Gleichgewichtspotentialen der anodischen und der katodischen Teilreaktion liegt, bei dem der in die Rohrleitung ein- oder austretende Strom I_S gleich Null ist. Dieser Zustand liegt vor, wenn z. B. ein Stahlrohr von wenigen Metern Länge, streustromfrei gleichmäßig in Kies eingebettet ist.
Bei einer durchgehend geschweißten, isolierten Stahlrohrleitung bilden sich immer, durch örtlich unterschiedliche Bodenzusammensetzung, Belüftung, Befeuchtung, Isolationsfehlstellenverteilung usw. Langstreckenkorrosionselemente aus (s. Bild 1). Dabei wird die Größe des Elementstromes I_E von der Qualität der Rohrisolation und der Aggressivität des Bodens bestimmt. Unter Feldbedingungen kommt es dadurch zu einer fast ständigen langsamen Änderung der Größe der Elementströme und teilweise auch der Orte der edleren und unedleren Zonen. Das scheinbar gemessene Ruhepotential, welches an die Bedingung $I_S = 0$ gebunden ist, erweist sich damit praktisch immer als freies Korrosionspotential E_K.

Beispiele für gemessene Korrosionspotentiale

An der Trinkwasserleitung „Wasserversorgung Görlitz Nord" DN600 wurden auf einer Strecke von 12,7 km Werte für $E_K = (-430 \ldots -680)$ mV gemessen. Dabei traten häufig Änderungen um mehr als 100 mV auf Strecken von (250...500) m auf.
An der Druckabwasserleitung „Zotel-Deschka" DN800...300, in einem völlig streustromfreien Gelände, wurden auf einer Strecke von 15,5 km für $E_K = (-330 \ldots -620)$ mV gemessen. Nach 8 Monaten (ohne katod. Korrosionssch.) wurden die Messungen wiederholt und für $E_K = (-490 \ldots -630)$ mV gemessen. Dabei traten an den einzelnen Meßstellen Potentialveränderungen von (20...180) mV auf.
Bei allen Messungen wurde die Bezugselektrode über dem Rohrscheitel positioniert. Die beiden Messungen zeigen, welche Unsicherheit die alleinige kritiklose Benutzung des Korrosionspotentials als Basisgröße für die Bemessung des Schutzpotentials mit sich bringt. Das gemessene E_K ist abhängig von dem zufälligen Standort der Meßsäule und der zum Zeitpunkt der Messung zufällig gerade vorliegenden Korrosionselementesituation.

IR-freie Potentialmessung

Mit der Bezugselektrode auf der Erdoberfläche wird ein Mischpotential aus den Potentialen der in der Nähe befindlichen Isolationsfehlstellen der Rohrleitung und ein Spannungsabfall im Erdreich ΔU_{IR} zwischen den Fehlstellen und der Elektrode gemessen, der durch die Größe des ein- oder austretenden Stromes I_S bestimmt wird /2/. Damit enthält auch das gemessene Korrosionspotential E_K fast immer einen IR-Anteil, der von der Größe der Elementströme am Maßort abhängt und dessen Meßwertverfälschung bei der Positionierung der Elektrode über dem Rohrscheitel am kleinsten ist.
Wie die von der Ruhrgas A.G. praktizierte Methode zur Auffindung von Isolationsfehlstellen zeigt /3, 4/, verfälschen Elementströme nicht nur die Korrosionspotentiale, sondern in der Form von Ausgleichströmen genauso die scheinbar IR-freien Ausschaltpotentiale (z. B. TGL 190-353/07). Dabei können gerade an den kritischsten Stellen Ausschaltpotentiale gemessen werden, die um mehrere 100 mV zu negativ sind /2, 4/. Messungen nach der in Abb. 2 dargestellten Meßanordnung können diesen IR-Anteil qualitativ erfassen. Der senkrecht in die Rohrleitung ein- oder austretende Strom I_S erzeugt durch den Erdbodenwiderstand R_B einen Spannungsabfall ΔU_S der zwischen der Hilfs- und der Bezugselektrode gemessen wird.
Bei der Messung des Korrosionspotentials E_K ist I_S ein Maß für den im Bereich der Meßstelle ein- oder austretenden Elementstrom I_E. Bei der Messung des Einschaltpotentials E_{ein} ist I_S ein Maß für den eintretenden Schutz(anlagen)strom I_{SA} oder Streustrom I_{SS}. Bei der Messung des Ausschaltpotentials E_{aus} ist I_S ein Maß für den ein- oder austretenden Aus-

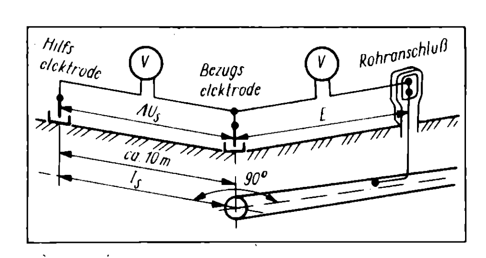


Bild 2 Meßanordnung zur gleichzeitigen Messung des Potentials und des senkrecht in die Rohrleitung ein- oder austretenden Stromes

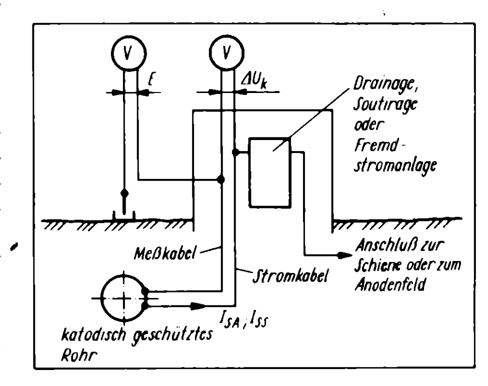


Bild 3 Meßanordnung zur gleichzeitigen Potential- und Schutzstrommessung an katodischen Schutzanlagen

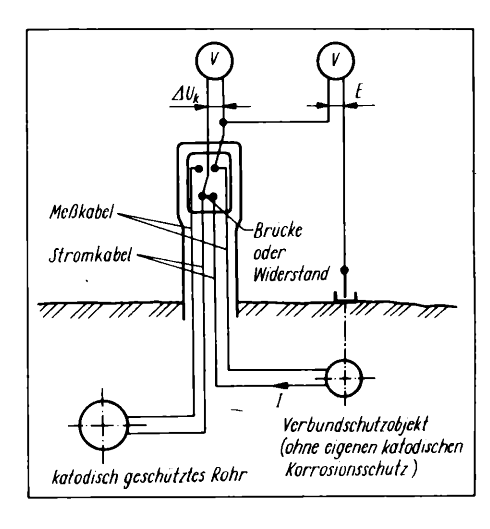


Bild 4 Meßanordnung zur gleichzeitigen Potential- und Verbundschutzstrommessung an Meßsäulen

Bild 1 Beispiel für ein Boden/Rohr/Rohr/Boden-Langstreckenkorrosionselement

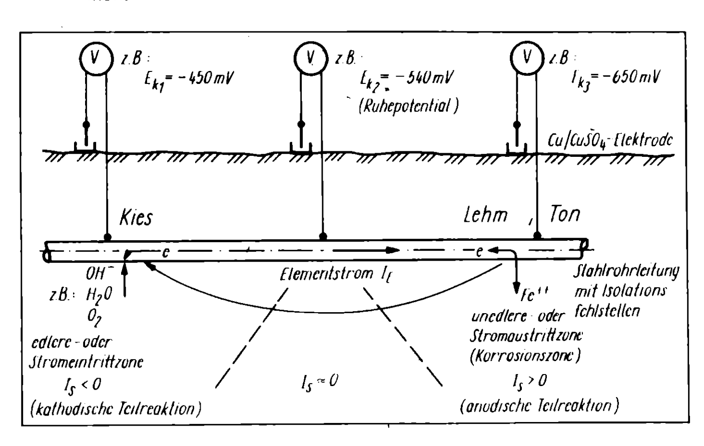
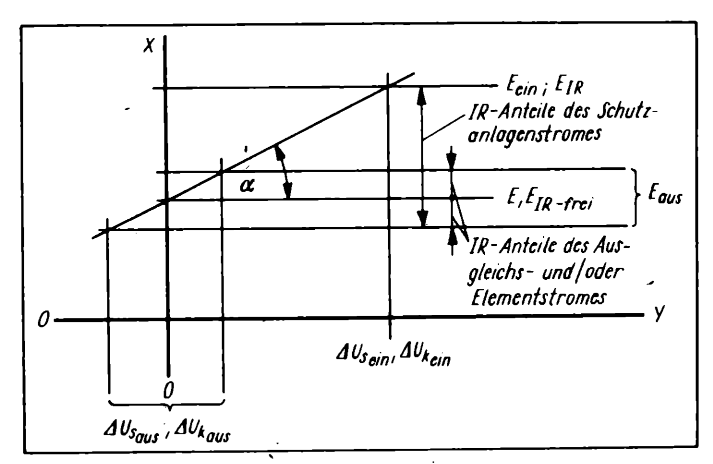


Bild 5 Verarbeitung der Meßwerteingänge in einem X-Y-Schreiber oder Polarovar



gleichsstrom I_A, der im Ausschaltmoment vor allem von der Größe der örtlich unterschiedlichen katodischen Polarisation E_P und der Fehlstellenverteilung entlang der Rohrleitung bestimmt wird. Größere Fehlstellenflächen (z. B. bei älteren Bitumenisolationen) führen zu großen Ausgleichsströmen und damit zu großen IR-Anteilen bei der scheinbar IR-freien Messung des Ausschaltpotentials.
Mit dem Ausschaltmoment beginnt sich die katodische Konzentrationspolarisation E_P an der Fehlstellenoberfläche abzubauen. Dadurch fliest ein Ausgleichsstrom I_A, der im Laufe der Zeit (Minuten bis Monate) gegen Null geht. Gleichzeitig setzt die Neubildung der Langstreckenkorrosionselemente mit der allmählichen Ausbildung der Korrosionspotentiale E_K und der Elementströme I_E ein. Die hier vereinfachte Darstellung der Vorgänge nach Abschaltung des katodischen Korrosionsschutzes zeigt, daß E_{aus} einen sich schnell ändernden Wert darstellt.

$$E_{aus} = E_P + E_K + R_B(I_A + I_E)$$

Versuche, den bei der Ausschaltmethode verbleibenden IR-Anteil „$R_B(I_A + I_E)$", gemessen über U_S auf beiden Seiten der Rohrleitung quantitativ auszuwerten, haben bereits zu Teilergebnissen geführt /5/.
Um E_K und I_E bei der Ausschaltmethode klein zu halten ist es erforderlich, die Ausschaltzeiten ebenfalls klein zu halten, z. B. „29 s ein und 1 s aus". Die in TGL 190-353/07 vorgeschriebenen „20 s ein und 10 s aus" führen bei längeren Meßzeiten zur Verfälschung der tatsächlichen Verhältnisse, da der Gesamtstrom während der Meßzeit um ⅓ reduziert ist.
International wird neben der Ausschaltmethode die Impulsmethode angewendet /2, 6/, bei der der Schutzstrom kurzzeitig verdoppelt wird.
Messungen gemäß der Meßanordnung in Abb. 2 stellen bei katodisch geschützten Rohrleitungen eine sichere Methode zur Fehlstellenortung und eine gute Hilfe zur besseren Interpretation der Meßergebnisse dar. Sie ermöglichen am katodisch noch nicht geschützten Rohrleitungen eine Abschätzung ob und in welcher Richtung IR-Fehler bei der Messung des Korrosionspotentials vorhanden sind.
Eine weitere Methode zur Potentialbestimmung ist der Einsatz von externen Meßproben. Die an die Rohrleitungen elektrisch mit angeschlossenen Meßproben haben jeweils eine definierte Fehlstelle, z. B. von 30 cm^2, und messen über ein Diaphragma und eine Dauerkalomelelektrode z. B. nach der Ausschaltmethode direkt das IR-freie Schutzpotential an der Meßprobenfehlstelle. Über diese Meßwerte werden mehr oder weniger sichere Annahmen über den Schutzgrad der Fehlstellen an der Rohrleitung geschlossen /1, 2, 4/.
Die Verbesserung der Potentialmeßtechnik hat auch zur Erkennung neuer, in unseren Breitengraden unerwarteter Meßfehler, geführt. So wurden z. B. 1981 auf dem Territorium der BRD insgesamt 220 Stunden registriert, in denen stärkere Änderungen des Erdmagnetfeldes, sogenannte Magnetstürme, auftraten. Feldänderungen induzieren in Stahlrohrleitungen elektrische Ströme. Die zu diesen Zeiten gemessenen Potentiale enthalten zusätzliche IR-Anteile /4/. Das zu erkennen, erfordert bei der Meßauswertung Kenntnisse über die Zeiten der verstärkten Magnetfeldänderungen, die in geophysikalischen Meßstationen registriert werden.

Die hier begonnene Diskussion zeigte, wie wichtig es ist, sich intensiv mit der Problematik der IR-freien Potentialmessung zu beschäftigen und die häufig noch praktizierte IR-behafteten Messungen mit zusätzlich nicht über dem Rohrscheitel positionierten Elektroden endgültig einzustellen. Daß es sich bei diesem Vorschlag um kein nur DDR-spezifisches Problem handelt, zeigte die gegenwärtige Diskussion um den Nace-Standard RP-01-09 in den USA /7/.
Auch hier wird vorgeschlagen, die u. a. vorgeschriebene Absenkung um 300 mV IR-behaftet durch eine Absenkung um 100 mV IR-frei zu ersetzen.
Als besonders schwierig erweist sich die Meßwertinterpretation bei Mischinstallationen (z. B. Übergang in Sammelkanäle), Fundamenterdereinflüssen /6, 8/ (z. B. an Hausanschlüssen u. Spannbetonhochbehältern), nicht isolierten Armaturen ohne Isolierkupplungen und bei schwachen Streustromeinflüssen von entfernten Gleichstrombahnen. Hier ist häufig ohne registrierende Zusatzmessungen analog Abb. 2 eine Beurteilung des gemessenen Potentials, z. B. ob es sich um ein gewünschtes katodisches Schutzpotential oder um ein unedles, also ebenfalls negatives Korrosionspotential (s. Abb. 1) handelt, überhaupt nicht möglich.

Messung des IR-freien Potentials mit Hilfe von Stromänderungen

Es wird eine von der Meßanordnung nach Abb. 2 abgeleitete Meßmethode beschrieben, die z. Z. im VEB WAB Dresden erprobt wird. Dabei ist davon auszugehen, daß der durch Stromein- oder -austritte im Erdreich erzeugte Spannungsabfall ΔU_S, zu einem analogen Spannungsabfall in den Stromkabeln ΔU_K, zwischen den geschützten Rohrleitungen und den Schutzanlagen bzw. den Verbundschutzobjekten führt.
Zur direkten Messung oder zur Extrapolation des IR-freien Potentials E müssen in der bekannten Weise die sich ändernden Werte für E registriert werden, bei denen die Werte für die ein- oder austretenden Ströme I_S (gemessen als ΔU_S oder ΔU_K) gleich Null sind bzw. sein würden (s. Abb. 5). Der über die Stromkabel gemessene Wert für ΔU_K ist dafür noch geeigneter als ΔU_S, da es im Erdreich auch vagabundierende Ströme gibt, die nicht oder nur teilweise in die Rohrleitungen eintreten, da sie z. B. senkrecht zur Rohrachse fließen. Solche Fehler lassen sich eleminieren durch gleichzeitige Messungen von ΔU_S zu beiden Seiten des Rohres, was aber zu einer weiteren Erhöhung des Meßaufwandes führt.
Unter der Voraussetzung des Vorhandenseins von (stromlosen) Meßkabeln und einer Nichtvermischung dieser Kabel mit den Stromkabeln in Kabelmuffen, kann der Spannungsabfall im Stromkabel ΔU_K nach der in Abb. 3 und Abb. 4 dargestellten Meßanordnung direkt gemessen werden. Sollten die Spannungsabfälle in Folge sehr kurzer niederohmigen Kabel zu gering sein, kann man sich durch kurzzeitiges Einsetzen eines Widerstandes nach dem *Shunt*-Prinzip helfen. Die für diese Messungen erforderlichen Stromänderungen können an streustromfreien Objekten durch Ausschaltrelais, Impulsgeber oder Stromänderungsschaltrelais erzeugt werden.
Die Verarbeitung der Meßwerte gemäß den Meßanordnungen in Abb. 2, 3 und 4 erfolgt am besten in einem X-Y-Schreiber.

Die gleichzeitige grafische Registrierung der Potentialwerte auf der X-Achse (quantitativ) und der Spannungsabfälle auf der Y-Achse (genügt qualitativ), ermöglicht eine gute Übersicht über die vorliegenden Verhältnisse und möglichen Meßfehler (s. Abb. 5). Für Wiederholungsmessungen genügt meistens der leichte und netzunabhängige Polarovar. Dieses Gerät arbeitet ebenfalls nach dem in Abb. 5 dargestellten Prinzip. Dabei wird durch eine manuelle Einregulierung der Anstieg α auf 45° kompensiert, so daß der Wert für *E* direkt zur Anzeige gelangt.

Erste Erfahrungen mit dieser Meßmethode

Bei Streustromschutzanlagen ist die Positionierung der Bezugselektrode über dem Rohrscheitel oft nicht mehr notwendig. Dadurch ergeben sich wesentliche Vereinfachungen bei Meßarbeiten im innerstädtischen Verkehrsraum. Da diese Erfahrung nicht generell gilt, sind an den Einzelobjekten anfangs vergleichende Kontrollmessungen erforderlich. Abstände der Elektrode bis zu 20 m vom Meßobjekt bleiben meistens ohne Einfluß auf die Werte für E. Diese Aussage gilt besonders für vermaschte Netze, aber fast nie für Fernleitungen.
Bei polarisierten Drainagen kann durch kurze Überbrückung der Diode die den Meßvorgang störende „0,7 V-Schleusenspannung" der Siliziumdioden beseitigt werden.
Die Messung des Potentials der katodisch geschützten Rohrleitung mit Hilfe des Verbundschutzstromes, analog Abb. 4, ist unter bestimmten Voraussetzungen ebenfalls möglich.
Ansonsten bleibt an den Meßsäulen nur die Möglichkeit über die Meßanordnung nach Abb. 2 zu messen. Bei der Anwendung eines Ausschaltrhythmus von z. B. „4 s ein und 1 s aus", eingespeist über die nächstgelegene Schutzanlage, ist auch hier der Einsatz des Polarovars möglich. Allerdings sollte während der Meßzeit der Schutzstrom, der Ausschaltzeit entsprechend, erhöht werden.

Literaturverzeichnis

/1/ *Baeckmann, W. v.:* Potentialmessung beim kathodischen Korrosionsschutz, 3 R international (18/1979) H. 8/9, S. 545–549
/2/ *Baeckmann, Funk, Fischer, Lünenschloß:* Verfahren und Geräte zum Messen des IR-freien Potentials bei streustrombeeinflußten Stahlrohrleitungen. 3 R international 21 (1982) H. 7, S. 375–380
/3/ *Prinz, W.:* Fehlstellenortung und Potentialmessung bei erdverlegten Rohrleitungen, 3 R international 20 (1981) H. 9, S. 498
/4/ *Baeckmann, W. v.:* Neue Gesichtspunkte beim kathodischen Korrosionsschutz. gwF-gas/erdgas 123 (1982) H. 10/11, S. 530–536
/5/ *Baeckmann, Hildebrand, Prinz, Schwenk:* Neue Verfahren der IR-freien Potentialmessung beim kathodischen Korrosionsschutz erdverlegter Rohrleitungen. Verlag Chemie GmbH, D-6940 Weinheim, 1983
/6/ *Baeckmann, Schwenk:* Handbuch des kathodischen Korrosionsschutzes. Verlag Chemie GmbH, D-6940 Weinheim, Auflage 1980
/7/ *Gummov, R. A.:* Cathodic protection criteria – a critical review of nace standard RP-01-69 (kathod. Schutzkriterien – eine kritische Betrachtung des Nace-Standard RP-01-69) Mater, Performance, Houston/Texas 25 (1986) H. 9, S. 9–16
/8/ *Schwarzbauer, F.:* Erhöhte Korrosionsgefährdung von Ortsversorgungsleitungen durch Elementbildung mit Stahlbetonfundamenten. 3 R international 25 (1986) H. 5, S. 272–274

Wasserbehälter mit Kuppel aus Spritzbeton

Dr. sc. techn. Rudolf RANDOLF, KDT; Dipl.-Ing. Ök. Wolfgang LANGE
Beitrag aus der Bauakademie der DDR, Institut für Ingenieur- und Tiefbau

Innerhalb des Bauprogramms der Gruppenwasserversorgung Gottleuba (Verantwortungsbereich des VEB WAB Dresden) war in Struppen-Siedlung, Kreis Pirna, eine Trinkwasserspeicheranlage zu errichten. Diese Anlage besteht aus zwei Behältern von je 750 m³ Nutzinhalt. Die ursprüngliche Planung ging von der Wiederverwendung des Angebotsprojektes „Wasserbehälter in Montagebauweise (Spannbeton) für 750 m³ Inhalt" aus. Von der Bauakademie der DDR wurde im Zusammenwirken mit dem VEB(B) Verkehrs- und Tiefbaukombinat Dresden (VTK Dresden) eine Variante für diesen Typ entwickelt, die anstelle der flachen, säulengestützten Abdekkung eine stützenlose Kuppelschale auf dem zylindrischen Behälterteil vorsieht. Dabei erfolgt das Betonieren der Kuppel nach der Spritzbetontechnologie. Durch die veränderte Deckenkonstruktion, die Deckenlast wird nur noch über die Zylinderwand in die Gründung eingetragen, mußte die Statik des gesamten Behälters neu berechnet werden. Baukonstruktiv ist die neue Lösung wie folgt gekennzeichnet (Bild 1):

Die **Behältersohle** besteht, ähnlich wie bei der Ausgangskonstruktion, aus Kiesschicht, Unterbeton, hydrotechnischem Beton und Erdreich. Sie ist nach außen geneigt und wird durch ein Ablaufgerinne begrenzt. Es entfallen jedoch die Stützenfundamente und damit mögliche Ursachen für unterschiedliche Setzungen und Undichtigkeiten im Sohlbereich.

Die **Behälterwand** wird aus vorgefertigten Stahlbetonelementen auf dem Ringfundament, das jetzt sämtliche Bauwerkslasten aufnimmt, montiert. Die Fugen werden nachträglich mit Beton verschlossen. Eine Spanndrahtumwicklung (Ø 5 mm), die an die veränderte Belastung aus der neuen Behälterabdeckung anzupassen war, nimmt die Ringzugspannungen in der Behälterwand auf.

Die **Behälterdecke**, ausgeführt als Kuppelschale, erhält an der Peripherie und an der mittigen Einstiegsöffnung konstruktiv Verstärkungen, und zwar in Form eines Zug- bzw. Druckringes aus Pumpbeton Bk25 mit Stahlbewehrung St T-IV. Die Kuppelschale wird aus Beton Bk25 im Trockenspritzverfahren hergestellt und doppellagig mit St T-IV (Ø 8 mm) bewehrt. Die Wanddicke beträgt 100 mm.

Nach der Bedarfsstatistik des VEB WAB Leipzig, Leitbetrieb für Trinkwasserspeicheranlagen, besteht ein hoher Bedarf an Behältern im Größenbereich von 750 bis 1150 m³ Inhalt, vor allem in den südlichen Bezirken der DDR. Für das von der Bauakademie der DDR in Zusammenarbeit zwischen dem Institut für Ingenieur- und Tiefbau und dem Institut für Heizung, Lüftung und Grundlagen der Bautechnik zu entwickelnde neue Schalungssystem wurde daher von vornherein eine oftmalige Wiederverwendung konzipiert. Nach Vergleichen zwischen Holz- und Kunststoffschalung fiel die Entscheidung zugunsten einer Schalung aus glasfaserverstärktem Polyester (GUP) aus. Das Schalungssystem besteht aus 28 Segmentschaltafeln aus GUP, in die Stahlteile zur Aufnahme von Zug- und Druckkräften sowie Tragösen einlaminiert sind. Die GUP-Segmente stützen sich auf einen mittig angeordneten Gerüstturm (gebildet aus 4 Rüststützen RS 15 und einem speziellen Gerüstkopf) und an der Behälterinnenwand auf Konsolauflager ab, die mit der äußeren Konsolrüstung verbunden sind. Die Schalungssegmente werden bei der Montage mit Bolzen verbunden, so daß eine freitragende Schalungskuppel zwischen den Auflagern gebildet wird. Bild 2 gibt eine Übersicht über das Schalungssystem. Bild 3 läßt die Stützkonstruktion mit der mittigen Auflagerung der Schalungselemente erkennen, und Bild 4 zeigt die Baustelle mit fertig eingeschalter Kuppel am Behälter 1.

Das Schalungssystem für die Spritzbetonkuppel mit GUP-Schalelementen und Unterstützungskonstruktion hat sich bei seinem ersten praktischen Einsatz bewährt. Die während des Betonierungsprozesses kontinuierlich gemessenen Verformungen liegen sehr nahe bei den vorausberechneten Werten. Nach zweimaliger Nutzung waren an den GUP-Segmenten keine Verschleißerscheinungen sichtbar. Der Wiederverwendungsfaktor für die Schalkonstruktion ist ≧ 15 anzusetzen.

Die Spritzbetontechnologie ist für den Bau von Wasserbehältern relativ neuartig, so daß für die Erstanwendung der Spritzbetonkuppel am Standort Struppen vom VTK Dresden sowohl das technologische Regime für den Bauablauf sorgfältig vorzubereiten als auch die Baudurchführung in allen Phasen zu überwachen und zu dokumentieren war. Vom Institut für Ingenieur- und Tiefbau wurde im Auftrag

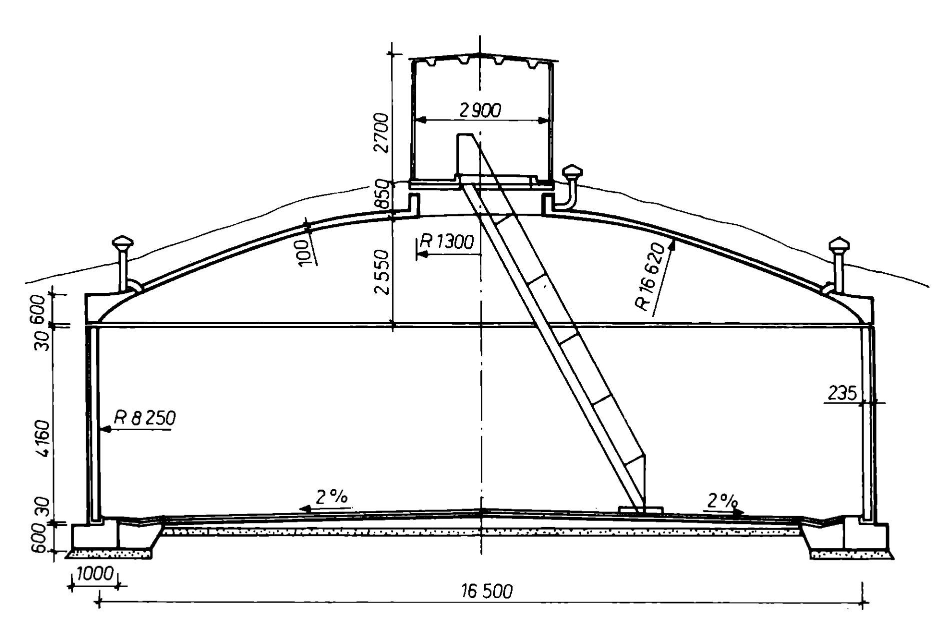


Bild 1 Kuppelbehälter 750 m³ im Schnitt

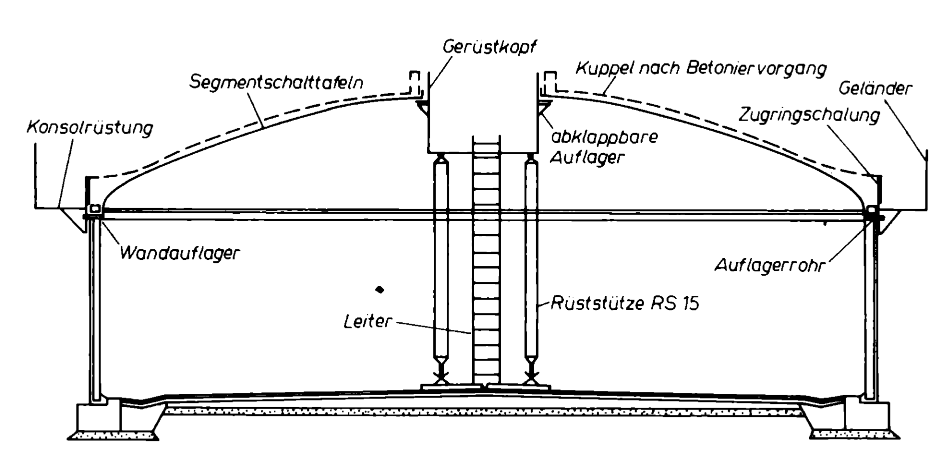


Bild 2 Schalungskonstruktion, schematisch

des VTK Dresden zur Auswertung des Erstanwendungs-Bauvorhabens ein Forschungsbericht erstellt, der neben der eingehenden Beschreibung der Herstellungstechnologie von Wasserbehältern 750 m³ und 1150 m³ und Kuppelabdeckung (einschließlich Qualitätssicherung und GAB-Nachweis) und dem bauaufsichtlich geprüften Schalungsprojekt eine Plan-Selbstkostenkalkulation sowie einen ausführlichen Auswertungsbericht für Kuppel 1 und 2 am Objekt Struppen enthält.

Aufgrund der günstigen ökonomischen Ergebnisse, die beim Bau der ersten Wasserbehälter mit Spritzbetonkuppel gewonnen wurden, hat das VTK Dresden gemeinsam mit der Bauakademie der DDR ein weiteres Vorhaben am Standort Hähnischmühe vorbereitet, das im Zeitraum 1987/88 realisiert werden soll. Durch eine Erhöhung des zylindrischen Behälterteils wird bei gleichbleibendem Durchmesser der Nutzinhalt auf 1150 m³ vergrößert. Damit ergibt sich eine weitere Einsatzmöglichkeit für die GUP-Schalelemente im Bezirk Dresden. Da mit Abschluß der Entwicklungsleistungen die neue bautechnische Lösung zur Breitenanwendung freigegeben wurde, ist auch die Nutzung dieser Bautechnologie sowie der Schalungskonstruktion in den anderen Bezirken möglich. Dazu stellt das VTK Dresden auf Anforderung die technischen Unterlagen und Schalungsteile bereit. Auf die mit der Baukonstruktion und der Herstellungstechnologie für die Kuppel gewonnenen Erkenntnisse wird hier nicht näher eingegangen. Dafür steht interessierten Baubetrieben der erwähnte F/E-Bericht zur Verfügung /1/. Auch ist eine Veröffentlichung hierzu bereits erfolgt /2/. Im folgenden soll vielmehr auf die ökonomischen Effekte und die für den Nutzer der Wasserbehälter, das heißt in erster Linie für die VEB WAB wichtigen Fragen des Gebrauchswertes etwas ausführlicher eingegangen werden.

Durch die verbesserte bautechnische Lösung lassen sich gegenüber dem Spannbeton-Montagebehälter mit Fertigteildecke beachtliche Einsparungen an Material und eine wesentliche Bauzeitverkürzung erzielen. So sank der Stahlverbrauch je Behälter um 2,6 t, was einer Aufwandsreduzierung um mehr als 20 % entspricht, während die Einsparung an Zement 7,3 t betrug und damit eine Senkung des Aufwandes um etwa 10 % bewirkte. Durch den Einsatz der selbsttragenden GUP-Schaltafeln anstelle der herkömmlich erforderlichen Holzschalung wurden etwa 11 m³ Schalholz eingespart. Infolge des Wegfalls von Transportleistungen (einschl. Kraneinsatz) für die Fertigteildeckenplatten und -stützen läßt sich zudem eine Senkung des Verbrauchs von Dieselkraftstoff nachweisen (im Anwendungsbeispiel Struppen rund 280 Liter). Mit den erreichten materialökonomischen Kennwerten konnte in allen Fällen die im Pflichtenheft vorgegebene Zielstellung überboten werden.

Die Verkürzung der Bauzeit um mehr als zwei Monate erreicht nicht ganz das vorgegebene Ziel, jedoch konnte die für Behälter dieser Größe geltende Normativbauzeit unterschritten werden. Und dies obwohl bautechnologische Arbeitsschritte von der Vorfertigungsstätte auf die Baustelle verlagert worden sind.

Die erzielten ökonomischen Effekte spiegeln sich z. T. auch in einer Gebrauchswert-Kosten-Betrachtung wider, die Bestandteil des vorliegenden F/E-Berichtes ist. Unter Berücksichtigung der ASMW-VW 1486 /3/ ist eine Bestimmung der Entwicklung der Gebrauchseigenschaften des Wasserbehälters mit Spritzbetonkuppel gegenüber der Basislösung vorgenommen worden. Dem lag die Beurteilung zur Erfüllung baukonstruktiver und sicherheitstechnischer, technologischer und hydraulischer sowie hygienischer Anforderungen an die Behälterkonstruktion zugrunde. Hauptaspekte der Betrachtung waren der Einfluß der neuen Lösung auf die

- Wasserdichtigkeit des Behälters,
- Nutzungsdauer des Bauwerkes,
- Qualität des Trinkwassers.

Gestützt auf die von der Wasserwirtschaft aufgestellten allgemeinen Gebrauchswertanforderungen an Wasserbehälter wurden in sozialistischer Gemeinschaftsarbeit zwischen Anwender, Hersteller und Bauforschung die für die Beurteilung von Wasserbehältern relevanten Kriterien festgelegt, quantifiziert und gewichtet. Dabei wurden den Grundsätzen entsprechend in erster Linie Kenngrößen einbezogen, die den für den Rechtsträger entstehenden Nutzen bei der Anwendung der neuen Lösung zum Ausdruck bringen und positiven Einfluß auf die Zweckbestimmung und Zuverlässigkeit des Erzeugnisses ausüben.

Folgende Kenngrößen wurden ausgewählt:

- Wasserdichtigkeit des Behälters
- Nutzungsdauer des Bauwerkes
- Qualitätsbeeinflussung des Trinkwassers im Behälter
- Luftvolumen des Behälters
- Zement-Einsatz
- Stahl-Einsatz
- Bauzeit
- Masse-Leistungs-Verhältnis
- Wartungs- und Instandhaltungsaufwand

Der Forderung, wonach der Anteil der leistungsbestimmenden Kenngrößen mindestens 80 % an der Gesamtwichtung betragen soll, wurde Rechnung getragen. Mit der Beschränkung auf 9 Kenngrößen und einer Quantifizierung aller dieser Kenngrößen wurde dem in der Praxis oft anzutreffenden Vorwurf, derartige Untersuchungen würden stark subjektiven Einschätzungen unterliegen und kein reales Bild wiedergeben, weitgehend entgegengewirkt.

Im Ergebnis der tabellarischen Bewertung der ausgewählten 9 Kriterien wurde ein Index der Entwicklung der Gebrauchseigenschaften gegenüber dem Basiserzeugnis von 1,10 ermittelt. Damit wurde der Nachweis der Weiterentwicklung der Behälterlösung mit Spritzbetonkuppel erbracht, der entsprechend den preisrechtlichen Bestimmungen die Inanspruchnahme eines neuen gebrauchswertbezogenen Preises rechtfertigen würde. Die Begründung der Gebrauchswertentwicklung wurde seitens des Erzeugnisgruppenleitbetriebes für Wasserverteilungsnetze anerkannt und bestätigt.

Anhand einer Plan-Selbstkosten-Kalkulation ist überdies eine Verbesserung des Kostensatzes um mehr als 5 % nachgewiesen worden – ein weiteres Kriterium für die Begründung der Effektivität dieser Lösung, die sich bei zunehmendem Behältervolumen noch günstiger gestalten wird.

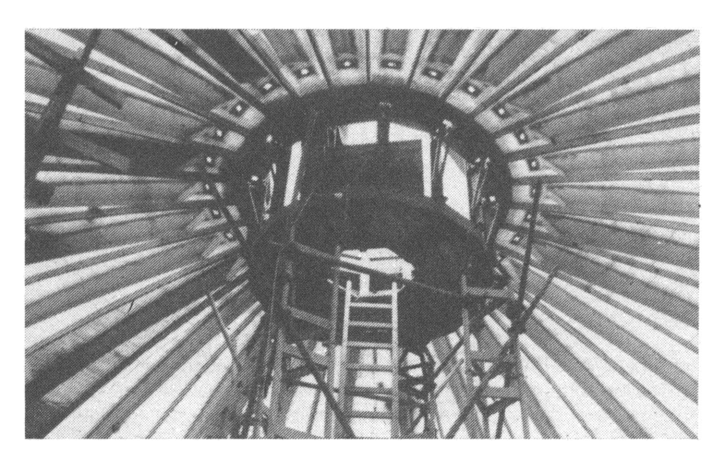
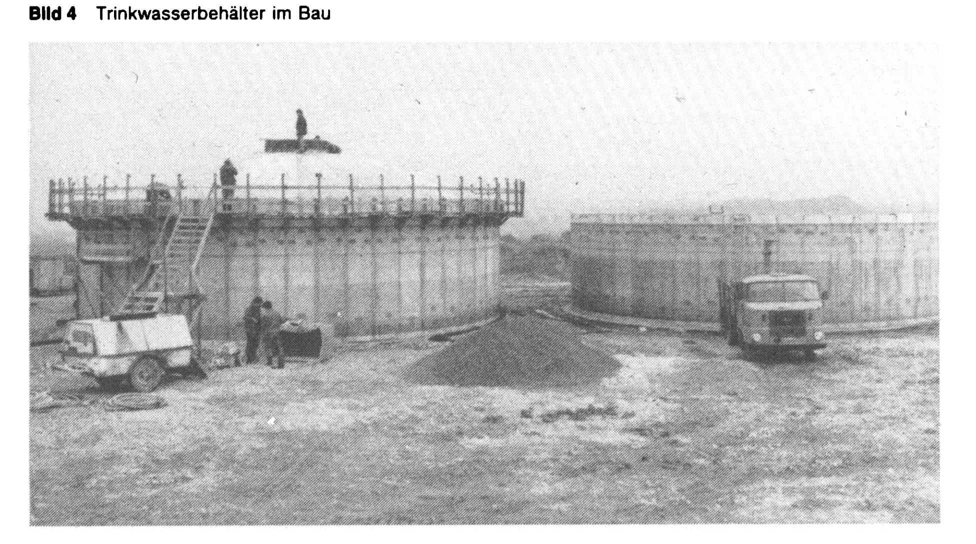


Bild 3 Gerüstkopf mit GUP-Segmenten von unten



Bild 4 Trinkwasserbehälter im Bau



Literatur

/1/ Bauakademie der DDR, Institut für Ingenieur- und Tiefbau. F/E-Bericht 415: Technologie Spannbetonmontagebehälter mit Spritzbetonkuppel, 1986

/2/ *Hille, R.; Lange, W.; Schöfer, U.:* Neue Lösungen beim Bau von Wasserbehältern durch Anwendung des Spritzbetonverfahrens. Bauzeitung, Berlin **40** (1986) 11, S. 504–506

/3/ ASMW-Vorschrift 1486 „Ordnung über die Bestimmung der Qualitätsmaßstäbe auf der Grundlage von Weltstandsvergleichen", Dezember 1985

/4/ *Schmidt, A.:* Zukunftsträchtiger Beitrag zur Trinkwasserversorgung – VTKD und Bauakademie entwickeln neuen Hochbehälter Sächsische Zeitung v. 22. April 1987, S. 3

40 Jahre Kulturtechnik, Meliorationen und Landeskultur an der Martin-Luther-Universität Halle–Wittenberg

Unter o. g. Thema veranstaltete das Lehr- und Forschungskollektiv Landwirtschaftliche Meliorationen und Landeskultur im Wissenschaftsbereich Standortkunde der Sektion Pflanzenproduktion eine internationale wissenschaftliche Tagung mit Teilnehmern aus gleichgelagerten Hochschuleinrichtungen in der ČSSR, der VR Polen und der Ungarischen Volksrepublik sowie aus der VR China.

Mehr als 40 Beiträge verdeutlichten in der Vortragstagung am 25. und 26. August 1987, daß die dort dargestellten Maßnahmen und Modelle komplex angewandt wesentlich zur Intensivierung der Pflanzenproduktion und zum Erhalt der wichtigen Naturressourcen Boden und Wasser beitragen. Das dreitägige Jubiläumssymposium behandelte Themenkreise, die „Zusammenhänge zwischen Meliorationen und Landeskultur", „Bodenkundliche und hydrologische Standortkennzeichnung – Voraussetzung für effektive Melioration" und „Spezifische Probleme der Wasserregulierung" zum Inhalt hatte.

Für die Berechnung der Wasserbilanzkomponenten verwenden *Benetin* und *Soltesz* Wasserbilanzgleichungen aus 7 Bodenschichten und formulieren aus den einzelnen hydrologischen Prozessen mathematische Modelle des Wasserregimes unterschiedlicher Bodentypen. Damit ist ein operatives Mittel gegeben, auf Bodenwasserüberschuß bzw. -mangel praktisch zu reagieren.

Kleine Wasserläufe stellen nach *Klopček* einen integralen Bestandteil der natürlichen Umwelt dar. Die Notwendigkeit der Regulierung muß künftig weit stärker landeskulturell und qualitativ beurteilt werden. Dazu ist ein Verfahren zur Bewertung dieser Wasserläufe entwickelt worden.

Metz erläuterte die Grenzen und Möglichkeiten der bedarfsgesteuerten landwirtschaftlichen Abwasserverwertung. Eine Erweiterung der Abwasserverwertungsflächen ist von einer Reihe noch zu entwickelnder Voraussetzungen abhängig, die in der gemeinsamen Verantwortung der Landwirtschaft und der Wasserwirtschaft liegen.

Zum effektiven Einsatz ausgewählter Produktionsabwässer sprachen *Teichardt* und *Förster*. Voraussetzung dafür sind wissenschaftlich begründete Einsatzempfehlungen, nachgewiesene Ertragswirksamkeit, Ermittlung des Mineraldüngeräquivalents sowie rationelle Ausbringungsverfahren.

Krause, Abdank, Bernsdorf und *Tang* stellten Ergebnisse der landwirtschaftlichen Verwertung von Abwasser aus den Zuckerfabriken und von Silosikkersaft vor. Das gering belastete Abwasser von Zukkerfabriken eignet sich bei einem Mineraldüngeräquivalent von ∅ 30 besonders auf leichtem Boden zum Klarwassereinsatz für ausgewählte Fruchtarten. Entscheidendes Kriterium für die Limitierung der Silosickersaft-Mengen ist der Salzgehalt.

Über Ergebnisse, über Quantität und Qualität des Sickerwassers von Abwasserhochlastflächen berichteten *Sauerbrey* und *Rupp*. Die Abwasserhochlastflächen können zur Grundwasseranreicherung unter bestimmten Standortvoraussetzungen gut genutzt werden.

Dr. sc. *Krause*/Dipl.-Lehrer *Kamm*



Tagungen

Rationelle Wasserverwendung (RWV) in der Lebensmittelindustrie und Nahrungsgüterwirtschaft

28. Mai 1987, Berlin

Die vom Fachausschuß „Wasserwirtschaft in der Lebensmittelindustrie" organisierte Tagung fand mit insgesamt 125 Teilnehmern regen Zuspruch. Neben Vertretern der Lebensmittelbetriebe (im wesentlichen Wasserbeauftragte), nahmen auch Mitarbeiter der örtlichen Räte, der Wirtschaftsräte sowie Vertreter der Wasserwirtschaft an der Tagung teil. Dem Charakter einer Informationstagung entsprechend war das Spektrum der Vorträge sehr weit gefächert:

Dipl.-Ges.-Wiss. *Miehlke:*
Künftige Anforderungen zur Lösung der Aufgaben der RWV

Dr.-Ing. *Donnerhack:*
Beispiele für realisierte Maßnahmen der RWV in wasserwirtschaftlich vorbildlich arbeitenden Betrieben der Lebensmittelindustrie

Dipl.-Ing. *Strube:*
Erfahrungen bei der Abtrennung von Absetz- und Schwebstoffen in Betrieben der Zuckerindustrie

Prof.-Dr. sc. techn. *Lützner:*
Entwicklungstrends bei Anlagen zur Abwasserbehandlung

Dipl.-Chem. *Repke:*
Gestaltung von Hauptausrüstungen der Obst- und Gemüseindustrie unter Beachtung der RWV

Dipl.-Ing. *Neumann:*
Kombiniertes Belüftungs- und Umwälzverfahren bei der Behandlung der organisch verunreinigten Abwässer der Zuckerindustrie

Dipl.-Ing. *Laackmann:*
Kennziffern zum Wassereinsatz und Beispiele für innerbetriebliche Maßnahmen zur Senkung der Abwasserlast in der Milchindustrie

Dipl.-Phys. *Liebe:*
Beispiellösungen zur Abwasservorbehandlung und Wertstoffrückgewinnung in der Fleischindustrie

Dr. *Donnerhack* unterstrich die Vorrangstellung der Reinigungs- und Desinfektionsprozesse innerhalb der Betriebswasserwirtschaft eines Lebensmittelbetriebes. Durch Einsatz von Hochdruckreinigungsgeräten, Schlauch-Schnellschlußventilen, Wasserschläuchen mit kleinerem Querschnitt, aber auch durch eine geordnete Kondensat- und Kühlwasserwirtschaft, also mit einfachen Mitteln, könnten Wasserentnahme und Wasserverluste erheblich gesenkt werden. Zur Senkung der Abwasserlast tragen die Rezirkulation der Altlaugen von Flaschen und Gläserreinigungsmaschinen und die ordnungsgemäße Rückhaltung von Produktresten und Nebenprodukten bei.

Erfahrungen bei der Zwischenreinigung von im Kreislauf geführtem Wasser, wie es für den hydraulischen Transport von Zuckerrüben eingesetzt wird, teilte Dipl.-Ing. *Strube* mit. Die Installation von zwei hintereinandergeschalteten Tangentialsandfängen und 2 Rundklärbecken ermöglichte es z. B., während der gesamten Kampagnezeit über 90 % des Wassers im Kreislauf zu führen. Die organische Belastung des Kreislaufwassers stieg hierbei bis zu einem BSB_5-Wert von max. 6600 mg/l an. Zur Verhinderung von Korrosion an den Anlagen durch den absinkenden *p*H-Wert, aber auch zur Unterstützung der Sedimentation der Schlammteilchen und zur Einschränkung der bakteriellen Belastung des Wassers wurde Kalkmilch zugegeben. Die Schaumbildung ließ sich durch Zugabe von 3 bis 5 l/h Schaumdämpfungsöl unterbinden (Schwemmwasserdurchsatz etwa 1300 m^3/h).

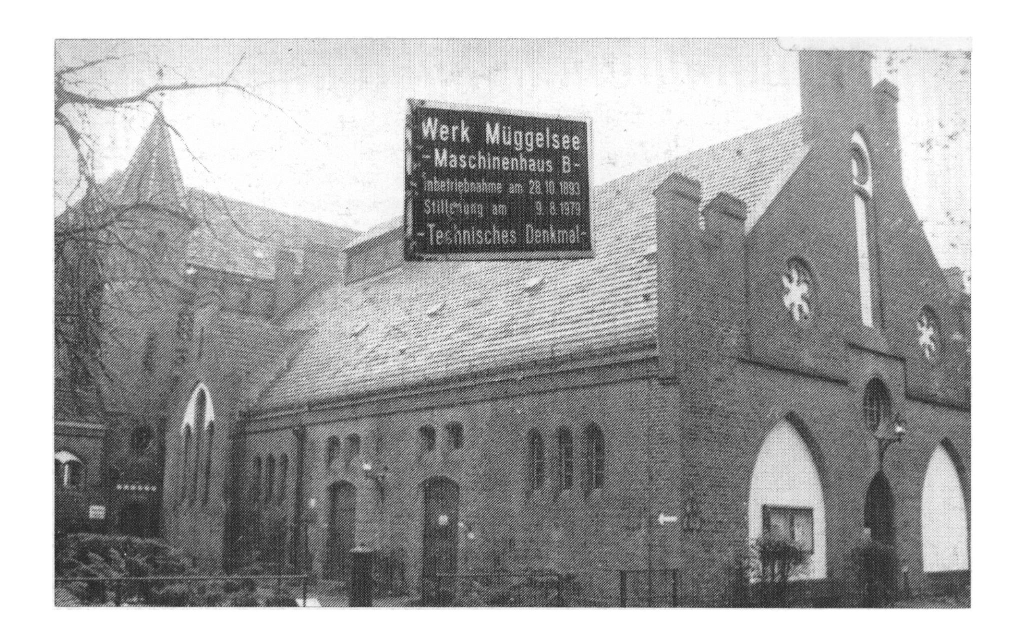
Prof. *Lützner* wies auf das Problem der häufigen Blähschlammbildung hin. Für hohe Substratkonzentrationen und bei hoher Schlammbelastung kommen Mischreaktoren zum Einsatz, während Tubularreaktoren mit niedriger Schlammbelastung betrieben werden. Die Verfahrensentwicklung richtet sich nach den Erfordernissen des Umweltschutzes und den Intensivierungsbestrebungen. Das Adsorptions-Belebtschlammverfahren und das Tiefschacht-Belüftungsverfahren wurden als Beispiele für neue Verfahren vorgestellt.

Frau Dipl.-Ing. *Neumann* stellte die erstmalig in der Zuckerfabrik Wulfen realisierte Lösung eines abwasser-autarken Betriebes der Zukkerindustrie vor. Durch schwimmende Belüftungsaggregate kann die Stapelteichfläche auf rund die Hälfte im Vergleich zum unbelüfteten Teich reduziert werden. Das Wasser kann zum Auffüllen des Schwemm- und Waschwasserkreislaufs wieder verwendet werden. Die Einsatzmöglichkeiten sind infolge des immer noch hohen Flächenbedarfs und der zumindest zeitweiligen Geruchsentwicklung begrenzt.

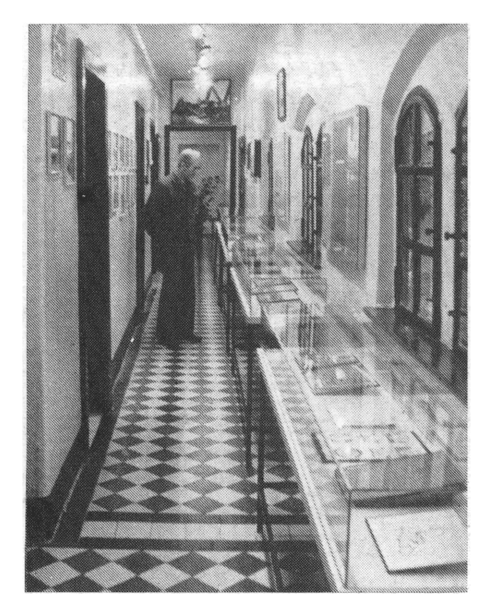
Dipl.-Ing. *Laackmann* hob hervor, daß die Kennziffernarbeit mit Normen und Normativen große Bedeutung für die Kontrolle und Überwachung des innerbetrieblichen Umgangs mit Wasser in der Milchindustrie besitzt. Zwischenbetriebliche Vergleiche sind wegen ganz unterschiedlicher Produktionsprofile und Technologien nur im Ausnahmefall möglich. Voraussetzung für eine durchgängige Kennziffernarbeit ist eine wartungsarme und störungsfreie Meßtechnik. Im zweiten Teil seines Vortrages beschrieb der Referent Maßnahmen der Erfassung und Verwertung von Produktresten und dabei entstehende Probleme.

Im Abschlußvortrag stellte Dipl.-Phys. *Liebe* die Druckentspannungsflotation zur Entfettung von Schlachthofabwasser in Verbindung mit der Gewinnung des Überschußschlamms aus der biologischen Teilreinigung des Abwassers vor. Das Flotat (Trockenmasse über 15 %) aus Fett und proteinreicher Bakterienmasse (64 % der Trockenmasse Fett, 18 % Rohprotein) wird in den Betrieben der Tierkörperverwertung zu technischem Fett und Futtermitteln verarbeitet. Die Flotation, kombiniert mit einer hochbelasteten biologischen Abwasserbehandlungsstufe, stellt ein hocheffektives Verfahren der Wertstoffrückgewinnung aus Abwässern der Schlachtbetriebe dar.

Dr.-Ing. *Donnerhack*







Ein Museum im Wasserwerk

Im 1979 stillgelegten und unter Denkmalschutz gestellten Schöpfmaschinenhaus B des alten Friedrichshagener Wasserwerks wurde am 12. November 1987 ein Museum zur Geschichte der Berliner Wasserwirtschaft bis 1945 eröffnet.
Das Glanzstück der Exposition, die in dieser Art einmalig im deutschsprachigen Raum ist, bildet das originalgetreu hergerichtete Maschinenhaus mit seinen drei 130-PS-Dampfkolbenmaschinen der Firma Borsig. Die Ausstellung, die ab April 1988 wieder zu besichtigen ist, bietet eine Vielzahl zeitgenössischer Dokumente, Fotos und ingenieurtechnischer Unterlagen. Außerdem werden wasserwirtschaftliche Ausrüstungen, Meß- und Laborgeräte gezeigt. Die Exponate wurden zu einem großen Teil von Veteranen der Berliner Wasserwirtschaft zur Verfügung gestellt. Innerhalb der nächsten Jahre wird das Museum um eine Abteilung erweitert werden. Diese wird dann Zeugnis über die Entwicklung der Wasserwirtschaft der DDR bis zur Gegenwart ablegen.

F Z.

Bild 1 Das historisch rekonstruierte Schöpfmaschinenhaus B im alten Teil des Wasserwerks Berlin-Friedrichshagen, erbaut im englischen Landhausstil.

Bild 2 Diese Wasserzapfstelle aus dem Berlin des vorigen Jahrhunderts ist auf der Freifläche des Museums ausgestellt.

Bild 3 Im Gang zum Maschinenhaus sind zeitgenössische Fotos, Dokumente und Konstruktionszeichnungen in Vitrinen zur Schau gestellt.

Bild 4 Blick in das originalgetreu wiederhergerichtete Maschinenhaus mit den drei 130-PS-Dampfkolbenmaschinen der Firma Borsig.

Bild 5 Die Antriebsräder der Dampfkolbenmaschine haben einen Durchmesser von fast vier Metern.

Fotos: Zimnol

